This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Это цифровая коиия книги, хранящейся для иотомков на библиотечных иолках, ирежде чем ее отсканировали сотрудники комиании Google в рамках ироекта, цель которого - сделать книги со всего мира достуиными через Интернет.

Прошло достаточно много времени для того, чтобы срок действия авторских ирав на эту книгу истек, и она иерешла в свободный достуи. Книга иереходит в свободный достуи, если на нее не были иоданы авторские ирава или срок действия авторских ирав истек. Переход книги в свободный достуи в разных странах осуществляется ио-разному. Книги, иерешедшие в свободный достуи, это наш ключ к ирошлому, к богатствам истории и культуры, а также к знаниям, которые часто трудно найти.

В этом файле сохранятся все иометки, иримечания и другие заииси, существующие в оригинальном издании, как наиоминание о том долгом иути, который книга ирошла от издателя до библиотеки и в конечном итоге до Вас.

Правила использовапия

Комиания Google гордится тем, что сотрудничает с библиотеками, чтобы иеревести книги, иерешедшие в свободный достуи, в цифровой формат и сделать их широкодостуиными. Книги, иерешедшие в свободный достуи, иринадлежат обществу, а мы лишь хранители этого достояния. Тем не менее, эти книги достаточно дорого стоят, иоэтому, чтобы и в дальнейшем иредоставлять этот ресурс, мы иредириняли некоторые действия, иредотвращающие коммерческое исиользование книг, в том числе установив технические ограничения на автоматические заиросы.

Мы также иросим Вас о следующем.

- Не исиользуйте файлы в коммерческих целях.
  Мы разработали ирограмму Поиск книг Google для всех иользователей, иоэтому исиользуйте эти файлы только в личных, некоммерческих целях.

- Не отиравляйте автоматические заиросы.
  Не отиравляйте в систему Google автоматические заиросы любого вида. Если Вы занимаетесь изучением систем машинного иеревода, оитического расиознавания символов или других областей, где достуи к большому количеству текста может оказаться иолезным, свяжитесь с нами. Для этих целей мы рекомендуем исиользовать материалы, иерешедшие в свободный достуи.

- Не удаляйте атрибуты Google.
  В каждом файле есть "водяной знак" Google. Он иозволяет иользователям узнать об этом ироекте и иомогает им найти доиолнительные материалы ири иомощи ирограммы Поиск книг Google. Не удаляйте его.

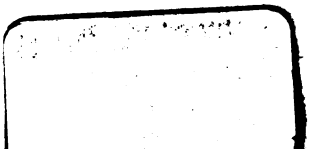
- Делайте это законно.
  Независимо от того, что Вы исиользуйте, не забудьте ироверить законность своих действий, за которые Вы несете иолную ответственность. Не думайте, что если книга иерешла в свободный достуи в США, то ее на этом основании могут исиользовать читатели из других стран. Условия для иерехода книги в свободный достуи в разных странах различны, иоэтому нет единых иравил, иозволяющих оиределить, можно ли в оиределенном случае исиользовать оиределенную книгу. Не думайте, что если книга иоявилась в Поиске книг Google, то ее можно исиользовать как угодно и где угодно. Наказание за нарушение авторских ирав может быть очень серьезным.

О программе Поиск кпиг Google

Миссия Google состоит в том, чтобы организовать мировую информацию и сделать ее всесторонне достуиной и иолезной. Программа Поиск книг Google иомогает иользователям найти книги со всего мира, а авторам и издателям - новых читателей. Полнотекстовый иоиск ио этой книге можно выиолнить на странице `http://books.google.com/`

KD
44442
NEDL TRANSFER
HN 5AZS W

KD 44442
570



Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

МЕХАНИКА ЖИВОТНАГО ОРГАНИЗМА.

Digitized by Google

Digitized by Google

Э. Марей
Marey, Etienne Jules

МЕХАНИКА ЖИВОТНАГО ОРГАНИЗМА.

ПЕРЕДВИЖЕНІЕ ПО ЗЕМЛѢ И ПО ВОЗДУХУ.

Съ 117 политипажами.

ПЕРЕВОДЪ СЪ ФРАНЦУЗСКАГО.

2166

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе редакціи журнала «Знаніе».
1875.

Digitized by Google

KD 44442

HARVARD
UNIVERSITY
LIBRARY

Спб. Тип. В. Демакова. Новый пер., д. № 7.

Digitized by Google

ОГЛАВЛЕНІЕ.

КНИГА ПЕРВАЯ.

Силы и органы.

ГЛАВА I.

О СИЛАХЪ ВЪ МІРѢ НЕОРГАНИЧЕСКОМЪ И ОРГАНИЧЕСКОМЪ.

Матерія проявляетъ себя въ своихъ свойствахъ.—Подѣятельности матеріи мы заключаемъ о существованіи силъ.—Множественность силъ, допускавшаяся прежними теоріями; стремленіе свести ихъ къ одной силѣ въ неорганическомъ царствѣ.—Неуничтожаемость силъ; ихъ превращенія.—Жизненныя силы; ихъ множественность, принятая прежними физіологами. - Большая часть жизненныхъ силъ сведена теперь къ силамъ физическимъ.—О законахъ въ физикѣ и въ физіологіи.—Общая теорія физическихъ силъ. 1

ГЛАВА II.

ПРЕВРАЩЕНІЯ ФИЗИЧЕСКИХЪ СИЛЪ.

Для того, чтобы доказать неуничтожаемость силъ, необходимо умѣть измѣрять ихъ.—Единицы теплоты и механической работы. - О термодинамикѣ. - Измѣренія силъ въ живыхъ организмахъ.—Послѣдовательныя фазы превращенія тѣлъ и развивающіяся при этомъ силы.—Термодинамика въ примѣненіи къ живымъ организмамъ . . 12

Digitized by Google

ГЛАВА III.

О животной теплотѣ.

Источники животной теплоты. — Теорія Лавуазье. — Усовершенствованія этой теоріи. — Измѣренія силъ, заключающихся въ пищевыхъ веществахъ и въ отдѣленіяхъ железъ. — Трудность этихъ измѣреній. — Сила, выдѣляемая пищевыми веществами, превращается частью въ теплоту, частью въ работу. — Центры горѣнія въ организмѣ. — Разогрѣваніе железъ и мускуловъ во время ихъ дѣятельности. — Мѣсто выдѣленія теплоты. — Причины, производящія охлажденіе. — Животная температура. — Автоматическій регуляторъ животной температуры. 22

ГЛАВА IV.

О движеніи у животныхъ.

Движеніе — самая выдающаяся особенность жизненнаго процесса; оно проявляется въ твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлахъ. — Различіе движеній въ жизни органической и въ жизни животной. — Наша задача ограничится разсмотрѣніемъ животной жизни. — Строеніе мышцъ. — Волнистый видъ живаго волокна. — Мышечная волна. — Судороги и міографія. — Различныя формы мышечныхъ сокращеній. — Сила сокращенія въ связи съ частымъ повтореніемъ мышечныхъ судорогъ. — Свойства волокна въ различныхъ частяхъ организма. 34

ГЛАВА V.

Сокращеніе и работа мускуловъ.

Отправленіе нервовъ. — Скорость нервнаго дѣятеля. — Объ измѣреніи времени въ физіологіи. — Столбнякъ и мышечное сокращеніе. — Теорія сокращенія. — Работа мышцъ 51

ГЛАВА VI.

Объ электричествѣ животныхъ.

Электричество развивается почти во всѣхъ органиче-

Digitized by Google

скихъ тканяхъ. —Электрическіе токи въ мышцахъ и нервахъ.—Удары электрическихъ рыбъ; прежнія теоріи; доказательство электрическаго характера этого явленія.—Аналогія между ударомъ электрическаго аппарата и мышечною судорогою.—Электрическій столбнякъ.—Скорость нервнаго агента въ электрическихъ нервахъ электрическаго ската; продолжительность удара 64

ГЛАВА VII.

Механика животнаго организма.

Формы механической работы.—Устройство машины должно быть приспособлено къ формѣ работы, которая отъ нея требуется.—Отношеніе между формой мышцы и формой работы, которую она исполняетъ.—Теорія Борелли.—Специфическая сила мышцъ.—Приводы; они измѣняютъ только видъ работы, но не увеличиваютъ ея количества.—Необходимость смѣнъ въ движеніяхъ живыхъ двигателей.—Рабочая сила одушевленныхъ двигателей. . 77

ГЛАВА VIII.

Гармонія между органомъ и его функціей.—Гипотеза превращенія видовъ.

Форма мышцы находится въ полной гармоніи съ тѣмъ родомъ движенія, которое она совершаетъ.—У различныхъ видовъ животныхъ встрѣчаются извѣстныя различія въ формѣ одной и той же мышцы, если функція, на нее возложенная, не одна и та же; различія грудныхъ мышцъ у птицъ находится въ зависимости отъ ихъ полета; различія мышцъ бедра у млекопитающихъ зависятъ отъ способа ихъ движенія.—Предустановлена ли эта гармонія?—Гипотеза превращенія видовъ.—Ламаркъ и Дарвинъ 92

ГЛАВА IX.

Измѣняемость скелета.

Причины, почему скелетъ считался наименѣе измѣняющеюся частью организма.—Доказательства пластичности

Digitized by Google

скелета при жизни животнаго, подъ вліяніемъ самыхъ легкихъ, но продолжительныхъ давленій.—Происхожденіе впадинъ и выпуклостей, замѣчаемыхъ на скелетѣ; происхожденіе суставныхъ поверхностей.—Функція управляетъ органомъ 113

КНИГА ВТОРАЯ.

Функціи: передвиженіе по землѣ.

ГЛАВА I.

О передвиженіи вообще.

Условія, общія всѣмъ родамъ передвиженія; сравненіе Борелли.—Гипотеза противодѣйствія земли.—Классификація формъ передвиженія сообразно ихъ точкамъ опоры; передвиженіе по землѣ, воздуху и водѣ.—Распредѣленіе мышечной силы между точкою опоры и массою тѣла.—Безполезная потеря работы при подвижности точки опоры. 137

ГЛАВА II.

Передвиженіе по землѣ (двуногіе).

Выборъ извѣстныхъ типовъ для изученія передвиженія по землѣ.—Передвиженіе, совершаемое человѣкомъ.—О ходьбѣ.—Давленіе, производимое на землю, его продолжительность и интенсивность.—Сопротивленія, представляющіяся тѣлу во время ходьбы; графическій методъ для изученія этихъ сопротивленій.—Вертикальныя колебанія тѣла.—Горизонтальныя колебанія.—Попытка начертить путь, проходимый лобковымъ возвышеніемъ.—Перемѣщеніе тѣла впередъ.—Неравномѣрная скорость этого перемѣщенія въ различные моменты шага . . . 149

ГЛАВА III.

О различныхъ аллюрахъ человѣка.

Описаніе аппаратовъ, служащихъ для изученія различныхъ аллюровъ человѣка.—Ручной пишущій аппаратъ.—

Digitized by Google

Аппаратъ для изслѣдованія вертикальныхъ противодѣйствій.—Ходьба.—Бѣгъ.—Галопъ.—Скачекъ на одной ногѣ и скачекъ обѣими ногами.—Способъ изображенія различныхъ аллюровъ.—Опредѣленіе шага въ любомъ аллюрѣ.—Синтетическое воспроизведеніе аллюровъ человѣка . . 167

ГЛАВА IV.

Передвиженія четвероногихъ, изученныя на лошади.

Недостаточность однихъ органовъ чувствъ для изученія аллюровъ лошади.—Сравненіе Дюже.—Ритмъ аллюровъ, изученный посредствомъ слуха.—Недостаточность рѣчи для выраженія этихъ ритмовъ; музыкальное ихъ обозначеніе.—Нотные знаки для иноходи, шага и рыси.—Синоптическая таблица аллюровъ, изображенныхъ согласно опредѣленіямъ различныхъ авторовъ.—Аппараты для графическаго опредѣленія ритмовъ различныхъ аллюровъ и сопровождающихъ ихъ противодѣйствій. 185

ГЛАВА V.

Опыты надъ аллюрами лошади.

Двоякая цѣль этихъ опытовъ: физіологическая и артистическая.—Опыты надъ рысью; слѣды упираній и противодѣйствій.—Изображеніе рыси знаками.—Колея рыси.—Изображеніе лошади на рысяхъ.—Опыты надъ шагомъ лошади.—Изображеніе знаками этого аллюра; его разнообразіе.—Колея шага.—Изображеніе лошади, идущей шагомъ 202

ГЛАВА VI.

Опыты надъ аллюрами лошади (продолженіе).

Опыты надъ галопомъ.—Изображеніе галопа.—Противодѣйствія.—Точки поддержки.—Колея галопа.—Изображеніе лошади на галопѣ и различные моменты этого аллюра.—Перемѣна движенія или переходъ отъ одного аллюра къ другому.—Анализъ аллюровъ посредствомъ нотныхъ знаковъ.—Синтетическое воспроизведеніе различныхъ аллюровъ лошади 217

Digitized by Google

КНИГА ТРЕТЬЯ.

Передвиженіе по воздуху.

ГЛАВА I.

Полетъ насѣкомыхъ.

Частота взмаховъ крыла у насѣкомыхъ при полетѣ; акустическое опредѣленіе; графическое опредѣленіе. — Вліянія, видоизмѣняющія частоту взмаховъ.—Синхронизмъ движеній обоихъ крыльевъ.—Оптическое опредѣленіе движеній крыла; его траекторія; измѣненіе плоскости.—Направленіе движеній крыла 237

ГЛАВА II.

Механизмъ полета насѣкомыхъ.

Причины движенія крыла насѣкомыхъ.—Мышцы производятъ только движенія взадъ и впередъ; сопротивленіе воздуха видоизмѣняетъ путь крыла.—Искусственное воспроизведеніе движеній крыльевъ насѣкомыхъ; устройство искусственнаго насѣкомаго, перемѣщающагося горизонтально.—Паренiе насѣкомаго 257

ГЛАВА III.

Полетъ птицъ.

Строеніе птицы по отношенію къ полету.— Строеніе крыла; его изгибы; его мышечный аппаратъ.—Мышечная сила птицы; быстрота сокращенія ея мышцъ.—Форма птицы, устойчивость; условія, благопріятствующія паренію.—Отношеніе между поверхностью крыльевъ и вѣсомъ тѣла у птицъ различной величины 274

ГЛАВА IV.

Движеніе птичьяго крыла при полетѣ.

Частота движеній крыла.—Сравнительная продолжительность подниманія и опусканія.—Электрическій ме-

Digitized by Google

тодъ.—Міографическій методъ.—Траекторія птичьяго крыла во время полета.—Устройство аппаратовъ, записывающихъ это движеніе.—Опытъ.—Элиптическая фигура пути верхушки крыла 296

ГЛАВА V.

Измѣненіе плоскости птичьяго крыла на различныхъ точкахъ его пути.

Новый способъ опредѣленія пути крыла.—Описаніе приборовъ.—Передача движенія посредствомъ тянущей нити.—Приводъ и привѣшивающій снарядъ для птицы; записывающій приборъ.—Опытъ надъ полетомъ голубя.—Анализъ кривыхъ.—Описаніе приборовъ, указывающихъ измѣненія плоскости крыла во время полета.—Отношеніе этихъ измѣненій къ движеніямъ крыла. 317

ГЛАВА VI.

Реакціи движеній крыла на тѣло птицы.

Реакціи движеній крыла.—Реакціи вертикальныя у различныхъ видовъ; реакціи горизонтальныя, или измѣненія быстроты полета; совмѣстное изученіе обоего рода реакцій.—Теорія птичьяго полета.—Пассивная и активная части крыла.—Воспроизведеніе механизма птичьяго полета 342

Digitized by Google

Digitized by Google

ПРЕДИСЛОВІЕ АВТОРА.

Во всѣ эпохи живыя существа сравнивали съ машинами, но только въ наше время можно понять всю важность и справедливость такого сравненія.

Древніе физіологи видѣли, безъ сомнѣнія, въ живомъ организмѣ, такъ же какъ и въ машинѣ, рычаги, блоки, снасти, насосы и клапаны. Дѣйствія этихъ аппаратовъ, подъ названіемъ: „животной механики", были описаны въ большомъ числѣ классическихъ трактатовъ; но такъ какъ пассивные органы нуждаются въ двигателяхъ, то говорили, что у животныхъ жизнь приводитъ въ движеніе эти механизмы, и въ этомъ видѣли основаніе установить непреодолимое различіе между машинами живыми и лишенными жизни.

Тѣмъ не менѣе въ нашу эпоху слѣдуетъ искать другаго основанія для подобныхъ объясненій, такъ какъ машины, изобрѣтенныя современнымъ геніемъ, могутъ быть сравниваемы болѣе законно съ живыми двигателями. Дѣйствительно, посредствомъ небольшаго топлива, которое онѣ потребляютъ, освобождается сила необходимая

Digitized by Google

для того чтобы оживить цѣлую серію органовъ и заставить ихъ производить самыя разнообразныя работы.

Сравненіе животныхъ съ машинами не только законно, но и крайне полезно съ различныхъ точекъ зрѣнія. Оно даетъ важное средство для пониманія механическихъ явленій въ живыхъ существахъ, сближая ихъ съ болѣе извѣстными сходными явленіями въ дѣйствіи употребительныхъ машинъ. Намъ случится при изложеніи этой книги часто заимствовать у чистой механики синтетическія указанія явленій животной жизни; въ свою очередь механикъ можетъ почерпнуть полезныя свѣдѣнія въ изученіи природы, которое ему много разъ укажетъ, какъ самыя сложныя задачи могутъ быть рѣшены съ удивительной простотой.

Для изслѣдованія животной механики намъ представляется широкое поле. Съ каждой функціей связанъ, такъ сказать, спеціальный механическій аппаратъ. Кровообращеніе, дыханіе и т. д. могутъ и должны разсматриваться отдѣльно; поэтому мы ограничимъ этотъ трудъ изученіемъ одной функціи, преимущественно механической, именно—передвиженія различныхъ животныхъ.

Легко показать важность такого предмета; передвиженіе въ его различныхъ формахъ: по землѣ, по водѣ и по воздуху постоянно возбуждало интересъ. Когда человѣкъ попробовалъ воспользоваться наилучшимъ образомъ собственной двигательной силой и силой другихъ животныхъ, когда онъ искалъ расширенія своего владычества въ проложеніи путей по морямъ или по воздуху,—онъ всегда черпалъ вдохновеніе въ самой природѣ. Можно надѣяться, что болѣе глубокое знакомство съ различными способами передвиженія животныхъ послужитъ точкой исхода для новыхъ примѣненій, за которыми послѣдуютъ и новые успѣхи.

Каждое научное изслѣдованіе привлекательно само по

Digitized by Google

себѣ: достаточно надежды открыть истину, чтобы поддержать усилія тѣхъ, кто ее преслѣдуетъ. Наблюденіе законовъ природы было источникомъ благороднаго наслажденія для тѣхъ, кто ихъ открылъ; но для человѣчества знаніе есть только средство, а прогрессъ есть цѣль. Показать, что изученіе можетъ повлечь за собой полезныя примѣненія, значитъ увлечь въ изслѣдованія людей, которые ограничились бы возможностью слѣдить за ними издалека, съ единственнымъ интересомъ любопытства. Лишне указывать на то, что́ выиграли люди, изучая природу; мы постараемся заставить предвидѣть то, что́ можетъ быть выиграно при болѣе тщательномъ ея изученіи.

Передвиженіе по землѣ человѣка и большихъ млекопитающихъ еще очень мало извѣстно. Если бы знали, при какихъ условіяхъ получается *maximum* скорости, силы или работы, которую можетъ произвести живое существо, это положило бы конецъ многимъ спорамъ и колебаніямъ, достойнымъ сожалѣнія. Не приговаривали бы цѣлыя поколѣнія людей къ извѣстнымъ военнымъ упражненіямъ, которыя будутъ отброшены позднѣй, какъ безполезныя и смѣшныя. Не было бы страны, обременяющей солдатъ страшной тягостью въ то время, когда въ другой принято, что лучше ничѣмъ не обременять ихъ. Знали бы въ точности, какая походка животнаго наиболѣе полезна по отношенію къ скорости или тяжести, которую его заставляютъ нести. Знали бы лучшія условія упряжи для наивыгоднѣйшаго пользованія силой животныхъ.

Таковъ ходъ прогресса въ этомъ смыслѣ, и если основательно жалуются на его медленность, то причина лежитъ въ несовершенномъ знаніи механизма передвиженія; съ усовершенствованіемъ его полезныя примѣненія этого знанія явятся сами собой.

Digitized by Google

Человѣкъ, въ устройствѣ снарядовъ для мореплаванія, очевидно былъ вдохновленъ самой природой. Устройство подводной части корабля, вырѣзанной по образцу птицы-пловца, изобрѣтеніе парусовъ и веселъ, въ подражаніе крыльямъ лебедя, раздуваемымъ вѣтромъ, и его перепончатой лапы, ударяющей по водѣ — составляютъ только часть того, что́ заимствовало искусство у природы. Болѣе двухсотъ лѣтъ тому назадъ Борелли, изучая условія положенія и перемѣщенія рыбъ, начерталъ планъ корабля-водолаза, построеннаго по образцу страшныхъ мониторовъ, появившихся въ недавнюю американскую войну.

Въ современномъ мореплаваніи динамическій вопросъ представляетъ еще много темнаго. Какой формы долженъ быть корабль, чтобы вода могла оказывать наименьшее сопротивленіе? Какіе должны быть двигатели для наилучшаго пользованія силой машины? По сознанію компетентныхъ въ этомъ дѣлѣ людей, всѣ эти задачи слишкомъ сложны для того, чтобы можно было вычислить наиболѣе благопріятныя условія при постройкѣ кораблей. Слѣдуетъ ли выжидать, пока эмпиризмъ силою вредныхъ попытокъ выучитъ насъ рѣшать тѣ задачи, рѣшенія которыхъ въ самой природѣ крайне измѣнчивы? Самые изобрѣтательные строители стремились подражать естественнымъ двигателямъ: они запасались маленькими лодками, которыя по своему устройству могли дѣйствовать какъ хвостъ рыбы, качаясь, подобно послѣднему, попеременно. Оказалось, что эти снаряды, далеко несовершенные, представляютъ энергическихъ двигателей и можетъ быть ихъ предпочтутъ тѣмъ, которые употреблялись до настоящаго времени.

Что касается движенія по воздуху, то оно всегда служило для человѣка предметомъ болѣе живаго любопытства.

Digitized by Google

Сколько разъ являлся вопросъ о томъ, будемъ ли мы всегда завидовать крыльямъ птицъ и насѣкомыхъ и нельзя ли намъ такъ же перелетать по воздуху, какъ онѣ перелетаютъ океаны? Авторитеты науки, въ различныя эпохи, послѣ долгихъ вычисленій, провозгласили это химерическимъ сномъ; но сколько мы видѣли осуществившихся открытій, которыя точно также были признаны невозможными! Отсюда та истина, что вмѣшательство математиковъ преждевременно до тѣхъ поръ, пока изученіе природы и опытъ не доставили точныхъ данныхъ, которыя однѣ могутъ служить твердой точкой исхода для подобныхъ вычисленій.

Мы попытаемся изслѣдовать быстрые акты полета птицъ и насѣкомыхъ; мы постараемся подражать самой природѣ и еще разъ увидимъ, что только при ея помощи можемъ имѣть наиболѣе шансовъ для рѣшенія задачъ, которыя она уже рѣшила. Мы можемъ утверждать, что въ дѣлѣ механическаго передвиженія по землѣ, по водѣ и по воздуху ничто не ускользнетъ отъ анализа, которымъ мы располагаемъ. Или мы снова будемъ поставлены въ невозможность воспроизвести явленія уже разъ нами понятыя? Но мы не пойдемъ такъ далеко въ нашемъ скептицизмѣ.

Несмотря на утвержденіе, что химія, могущественная въ дѣлѣ разложенія органическихъ веществъ, будетъ всегда неспособна ихъ воспроизводить, насколько оказалось вѣрнымъ это неутѣшительное предсказаніе? Мы надѣемся, что читатель, который захочетъ слѣдить за опытными изслѣдованіями, изложенными въ этой книгѣ, пріобрѣтетъ убѣжденіе, что невозможное сегодня требуетъ для своего осуществленія только немного времени и много усилій.

Мартъ, 1873.

Digitized by Google

Digitized by Google

МЕХАНИКА ЖИВОТНАГО ОРГАНИЗМА.

КНИГА ПЕРВАЯ

СИЛЫ И ОРГАНЫ

ГЛАВА I.

О СИЛАХЪ ВЪ МІРѢ НЕОРГАНИЧЕСКОМЪ И ОРГАНИЧЕСКОМЪ.

Матерія проявляетъ себя въ своихъ свойствахъ.—По дѣятельности матеріи мы заключаемъ о существованіи силъ.—Множественность силъ, допускавшаяся прежними теоріями; стремленіе свести ихъ къ одной силѣ въ неорганическомъ царствѣ.—Неуничтожаемость силъ, ихъ превращенія. — Жизненныя силы; ихъ множественность, принятая прежними физіологами.—Большая часть жизненныхъ силъ сведена теперь къ силамъ физическимъ. — О законахъ въ физикѣ и физіологіи. — Общая теорія физическихъ силъ.

Мы познаемъ матерію только по ея *свойствамъ*, которыя, въ свою очередь, не могутъ быть мыслимы отдѣльно отъ матеріи. Слово „свойство“, въ собственномъ смыслѣ, не имѣетъ никакой реальной подкладки: оно не болѣе какъ условная форма рѣчи; такъ выраженія: тяжесть, теплота, твердость, цвѣтъ и т. д., приписываемыя различнымъ тѣламъ природы, означаютъ лишь то, что эти тѣла про-

Digitized by Google

изводятъ на наши чувства извѣстныя впечатлѣнія, съ которыми мы познакомились изъ вседневнаго опыта.

Когда матерія находится въ дѣйствіи, т. е. когда она переходитъ изъ одного состоянія въ другое, происходитъ то, что́ мы называемъ „явленіемъ“, и, для простоты рѣчи, мы обозначаемъ словомъ „сила“ неизвѣстную причину, вызвавшую это явленіе. Паденіе тѣла, теченіе рѣки, нагрѣваніе печкою, сверканіе молніи, соединеніе двухъ тѣлъ и т. п., все это соотвѣтствуетъ различнымъ проявленіямъ силъ, которыя мы называемъ тяжестью, механической силою, теплотою, свѣтомъ, химическимъ сродствомъ и т. д.

Наука въ началѣ своего развитія допускала почти безконечное множество силъ. Всякое отдѣльное явленіе разсматривалось какъ результатъ особой, самостоятельной силы. Но мало по малу замѣчено было, что явленія, совершенно различныя между собою, могутъ быть слѣдствіями одной и той же причины, и съ тѣхъ поръ число спеціальныхъ силъ значительно убавилось.

Тяжесть и притяженіе были сведены къ одной и той же силѣ Ньютономъ, который увидѣлъ въ падающемъ яблокѣ и въ звѣздѣ, удерживаемой въ ея орбитѣ, слѣдствія одной причины: всемірнаго тяготѣнія. Амперъ свелъ явленія магнитизма и электричества къ одной силѣ. Свѣтъ и теплота уже давно разсматриваются, какъ проявленія одной и той же силы—крайне быстраго колебательнаго движенія эѳира.

Въ наше время въ наукѣ произошелъ еще болѣе могущественный переворотъ, благодаря великому открытію единства силъ природы. *Сила* можетъ принимать самыя разнообразныя формы: она можетъ проявляться поочередно въ видѣ теплоты, механической работы, электричества или свѣта; она можетъ порождать химическія со-

Digitized by Google

единенія и разложенія. Иногда она какъ-будто совершенно исчезаетъ. Но это только такъ кажется; на самомъ дѣлѣ она лишь переходитъ въ скрытое состояніе, откуда ее можно опять добыть вполнѣ и заставить совершить вновь весь кругъ ея превращеній.

Нераздѣльность силы отъ матеріи и ихъ неуничтожаемость даетъ возможность примѣнить къ нимъ тотъ абсолютный принципъ, что въ природѣ ничто не создается, точно также какъ ничто и не уничтожается.

Прежде, чѣмъ мы изложимъ подробно великій законъ сохраненія силы и ея превращеній въ неорганическомъ мірѣ, посмотримъ, не встрѣтимъ ли мы чего либо подобнаго въ наукѣ объ органическихъ тѣлахъ.

Живой организмъ, своей чувствительностью, разумомъ и волею, до такой степени отличается отъ косныхъ и пассивныхъ тѣлъ неорганическаго міра, зарожденіе и развитіе животныхъ составляютъ явленія, дотого исключительно свойственныя органическому міру, что первые наблюдатели невольно должны были провести рѣзкую грань между этими двумя царствами природы.

Придуманы были двоякаго рода силы: однѣ, на счетъ которыхъ отнесены были всѣ нормальныя проявленія жизни, и другія, которыя, будто злые духи, завѣдывали появленіемъ болѣзней, обрушивающихся на все живущее.

Сложность жизненныхъ явленій долгое время мѣшала уловить объединяющую ихъ связь, свести къ одной и той же причинѣ всѣ эти разнообразныя дѣйствія и уменьшить, такимъ образомъ, число первоначально признанныхъ силъ. Кончилось тѣмъ, что умъ человѣческій сталъ присвоивать реальное существованіе тѣмъ фикціямъ, которыя онъ самъ же создалъ. Мало по малу, ослѣпленный окружающимъ его таинственнымъ міромъ, онъ сталъ отрицать всякое вліяніе физическихъ законовъ на жи-

Digitized by Google

выя существа. Это мистическое увлеченіе дошло до того, что нѣкоторымъ животнымъ серьезно стали приписывать способность уклоняться отъ вліянія силы тяжести; животная теплота разсматривалась, какъ имѣющая другую сущность, чѣмъ теплота нашихъ печей; нервы и сосуды населялись тонкими и невидимыми духами, которые вызывали ощущенія и приводили въ движеніе кровь.

Время еще не произнесло окончательнаго приговора надъ всѣми этими нелѣпостями. Тѣмъ не менѣе можно сказать, что наука о жизни переживаетъ въ настоящее время одинъ изъ тѣхъ переворотовъ, примѣръ которыхъ мы только что указали въ физическихъ наукахъ. Физіологія, руководимая опытнымъ методомъ, ищетъ и находитъ дѣйствіе физическихъ силъ въ громадной массѣ жизненныхъ явленій; число случаевъ, къ которымъ могутъ быть приложены обыкновенные законы природы, растетъ изо дня въ день. Тѣ случаи, которые пока еще не поддаются анализу, получаютъ въ нашихъ глазахъ значеніе необъясненныхъ, но никакъ не таинственныхъ явленій. Съ другой стороны, тѣ жизненные феномены, которые уже разъяснены въ своей сущности, оказываются по большей части чисто физическаго или механическаго порядка.

Въ живомъ организмѣ мы замѣчаемъ тѣ же проявленія силы, которыя извѣстны подъ названіемъ теплоты, механической работы, электричества, свѣта, химическаго дѣйствія и т. д. Мы замѣчаемъ, что эти силы взаимно переходятъ одна въ другую, но мы сильно ошибемся, если будемъ разсчитывать, что законы, управляющіе превращеніемъ этихъ силъ, уже теперь могутъ быть выражены въ числахъ. Животный организмъ трудно поддается точнымъ измѣреніямъ; онъ слишкомъ сложенъ для этого рода исчисленій, которыя достигаются съ трудомъ

Digitized by Google

даже и физиками, имѣющими дѣло съ гораздо болѣе простыми машинами.

Смотря по степени своей сложности, каждая наука приближается болѣе или менѣе къ математической точности, которой рано или поздно она должна будетъ достигнуть. То, что мы называемъ закономъ, есть не что иное, какъ опредѣленіе числоваго отношенія между различными явленіями; въ этомъ смыслѣ вполнѣ совершенныхъ физіологическихъ законовъ пока еще существовать не можетъ. Относительно явленій жизни мы въ настоящую минуту въ состояніи только опредѣлить и намѣтить то направленіе, въ которомъ должно произойдти извѣстное измѣненіе, и ничего больше. Физіологи находятся пока въ положеніи того астронома, который зналъ бы, что притяженіе между двумя небесными свѣтилами уменьшается съ увеличеніемъ ихъ разстоянія, но которому въ тоже время не былъ бы извѣстенъ законъ объ обратной пропорціональности квадратамъ разстояній; или въ положеніи физика, которому удалось опредѣлить, что объемъ газовъ уменьшается при давленіи, но который не знаетъ числоваго отношенія, существующаго между объемомъ газа и степенью его сжатія.

Тѣмъ не менѣе такія числовыя отношенія между жизненными явленіями существуютъ несомнѣнно, и они могутъ быть открыты раньше или позже, смотря по точности методовъ, которые будутъ приняты для изслѣдованій.

Еслибы физики ограничились простымъ указаніемъ факта, что при нагрѣваніи тѣла расширяются, еслибы они не старались измѣрять температуры этихъ тѣлъ и объемъ, который послѣднія принимаютъ съ каждымъ измѣненіемъ этой температуры, они имѣли бы лишь весьма несовершенное представленіе о явленіяхъ расши-

Digitized by Google

ренія тѣлъ отъ теплоты. Втеченіе долгаго времени физіологи ограничивались лишь неопредѣленными указаніями, что то или другое вліяніе увеличиваетъ или уменьшаетъ силу мускуловъ, измѣняетъ быстроту ихъ движеній, усиливаетъ или ослабляетъ чувствительность и двигательную силу организма. Въ настоящее время наука предъявляетъ все большія и большія требованія, и уже тотъ фактъ, что она вводитъ въ область физіологіи точныя измѣренія и требуетъ строгаго опредѣленія степени напряженія и продолжительности извѣстныхъ актовъ, формы различныхъ движеній, соотношенія и послѣдовательности между двумя или нѣсколькими явленіями, скорости движенія крови и передачи нервнаго тока, чувствительнаго или двигательнаго, даетъ намъ основаніе надѣяться, что бо́льшая строгость и точность въ способахъ изслѣдованія приведутъ за собою и лучше формулированные законы.

Въ нашемъ сравненіи, которое мы желаемъ провести здѣсь между силами физическими и тѣми, которыя оживляютъ животный организмъ, мы должны предположить уже извѣстными читателю основныя понятія, которыя недавно введены въ область науки и на основаніи которыхъ всѣ силы могутъ быть сведены къ одной, а именно къ силѣ, порождающей движеніе. Въ виду этого, я ограничусь лишь общимъ очеркомъ новой теоріи.

Достоинство извѣстной теоріи опредѣляется тою суммою фактовъ, которую она обнимаетъ, а теорія единства физическихъ силъ стремится охватить всѣ проявленія ихъ въ природѣ.

Начиная съ невидимаго атома и кончая какимъ-нибудь небеснымъ тѣломъ, затерявшимся въ пространствѣ, все подвержено движенію, все вращается въ безконечно большой или въ безконечно малой орбитѣ. Удерживае-

Digitized by Google

мыя, въ силу присущаго имъ движенія, въ опредѣленномъ разстояніи другъ отъ друга, молекулы представляютъ постоянныя взаимно-отношенія, которыя онѣ утрачиваютъ только при увеличеніи или уничтоженіи извѣстнаго количества движенія. Вообще говоря, каждое усиленіе движенія молекулъ расширяетъ ихъ орбиты, и, раздвигая молекулы другъ отъ друга, увеличиваетъ объемъ тѣлъ. Въ этомъ смыслѣ, теплота является однимъ изъ источниковъ движенія. Отъ дѣйствія теплоты, молекулы, все болѣе и болѣе удаляясь другъ отъ друга, постепенно переводятъ тѣло изъ твердаго состоянія въ жидкое и потомъ въ газообразное. И далѣе, находясь и въ газообразномъ состояніи, всѣ тѣла расширяются до безконечности при постоянномъ прибавленіи къ нимъ новаго количества тепла. Эта сила, сообщающая такую неимовѣрную быстроту движеніямъ молекулъ и существованіе которой должно быть признано на основаніи теоріи, можетъ быть представлена наглядно путемъ опыта. Мы можемъ измѣрить ея напряженность, противопоставляя расширенію тѣлъ какое-нибудь препятствіе, которое ему пришлось бы преодолѣть. Такъ, молекулы газовъ или паровъ, заключенныхъ въ цилиндрѣ, сообщаютъ стѣнкамъ и поршню ту степень давленія, которая употребляется для произведенія механической работы. Эта механическая работа, въ свою очередь, превращается въ теплоту, если измѣнить условія опыта, т. е., если, напримѣръ внѣшняя сила, толкающая обратно поршень газоваго насоса, сильнымъ сжатіемъ затрудняетъ движеніе молекулъ.

Новая теорія бросила новый свѣтъ на нѣкоторыя гипотезы, между прочимъ на гипотезу о существованіи скрытой теплоты при плавленіи тѣла или при превращеніи ихъ въ пары, а равно при расширеніи газовъ. Она по-

Digitized by Google

ложила конецъ многимъ другимъ теоріямъ, подобно тому, какъ открытіе атмосфернаго давленія разрушило гипотезу, вызывающую у насъ только улыбку сожалѣнія, будто природа боится пустого пространства.

Хотя эта теорія не такъ легко можетъ быть приложена къ объясненію свѣтовыхъ и электрическихъ явленій, тѣмъ не менѣе, въ силу аналогій, существующихъ между этими явленіями и теплотой, мы имѣемъ право допустить, что они не что иное, какъ различные моменты того же основнаго принципа—движенія. Въ то же время превращеніе движенія въ теплоту, электричество и свѣтъ можетъ быть доказано экспериментальнымъ путемъ.

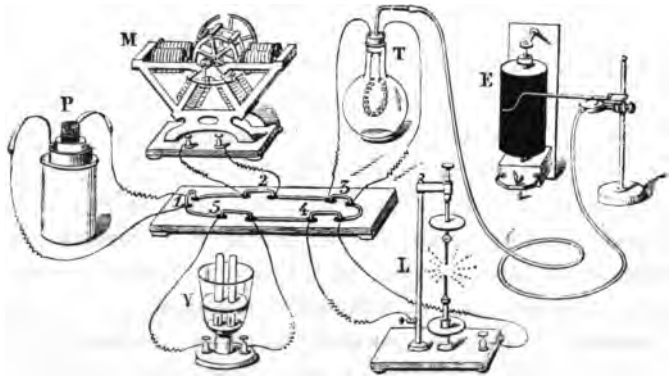


Рис. 1. — Показывающій превращеніе электричества въ механическую работу, теплоту, свѣтъ и химическое дѣйствіе.

Рисунокъ 1 изображаетъ расположеніе опыта.

На столѣ разставлены различные аппараты, черезъ которые можно пропустить электрическій токъ изъ элемента Р. (На практикѣ при производствѣ опыта, вмѣсто одного элемента, какъ это изображено на рисункѣ, берутъ цѣлый рядъ Бунзеновыхъ паръ). Электрическій токъ проводится въ эллиптическую окружность, представленную на

Digitized by Google

квадратной дощечкѣ по срединѣ рисунка. Окружность эта состоитъ изъ толстой мѣдной проволоки. Въ опредѣленныхъ мѣстахъ эта проволока прерывается и погружается въ стаканчики съ ртутью, изъ которыхъ идутъ другія проволоки, соединенныя съ аппаратомъ, чрезъ который долженъ пройти токъ. При томъ расположеніи опыта, какъ онъ изображенъ на рисункѣ 1, металлическія перекладины 1, 2, 3, 4, 5 соединяютъ между собою всѣ сосуды съ ртутью и образуютъ полную окружность, чрезъ которую токъ можетъ пройти, минуя приборы, разставленные кругомъ.

Если снять дужку № 1, токъ, прошедшій черезъ нее, долженъ будетъ пройти чрезъ эллиптическую проволоку, не попадая, однако, въ сосѣдніе приборы. Но если вслѣдъ за этимъ приподнять дужку № 2, токъ попадетъ въ приборъ М, который представляетъ собою электромагнитный двигатель. Придя въ движеніе, этотъ приборъ произведетъ механическую работу.

Снимемъ теперь дужку № 3, и токъ проникнетъ въ пишущій термометръ. (Приборъ этотъ устроенъ слѣдующимъ образомъ: онъ нѣчто вродѣ термометра Рейса и состоитъ изъ платиновой спирали, чрезъ которую проходитъ токъ и которая опускается въ стеклянный шаръ, наполненный воздухомъ. Вслѣдствіе нагрѣванія спирали проходящимъ черезъ нее токомъ, воздухъ въ шарѣ расширяется и переходитъ при посредствѣ длинной трубки въ пишущій приборъ. Этотъ послѣдній состоитъ изъ металлическаго барабанчика, верхняя стѣнка котораго сдѣлана изъ каучуковой перепонки. Когда воздухъ проникаетъ въ барабанчикъ, перепонка его вздувается и приводитъ въ движеніе прилегающій къ ней рычажокъ, отмѣчающій на вращающемся цилиндрѣ Е кривую, возвышенія и пониженія которой со-

Digitized by Google

отвѣтствуютъ возвышеніямъ и пониженіямъ температуры).

Далѣе, удаляя дужку № 4, мы направляемъ токъ въ аппаратъ L, съ двумя пріостренными угольками, гдѣ электричество даетъ тотъ яркій свѣтъ, который всѣмъ извѣстенъ.

Проходя чрезъ вольтаметръ V, токъ производитъ разложеніе воды. Сила тока измѣряется количествомъ разложенной воды, другими словами, объемами выдѣляющихся при этомъ кислорода и водорода.

Такимъ образомъ, при посредствѣ этихъ аппаратовъ, мы прежде всего видимъ, что электричество превращается поочередно въ механическую работу въ двигателѣ M, въ теплоту—въ спирали термометра T, въ свѣтъ—между оконечностями угольковъ L, и въ химическое дѣйствіе—въ вольтаметрѣ V.

Но въ тоже время мы замѣчаемъ, что при каждомъ изъ этихъ превращеній расходуется извѣстное количество электричества, такъ что сила тока ослабляется. Заставляя, напримѣръ, дѣйствовать двигатель M, мы видимъ, что указатель обнаруживаетъ уменьшеніе теплоты въ термометрѣ. Остановимъ теперь рукою электро-магнитный двигатель, и температура тотчасъ же повысится: кривая на цилиндрѣ показываетъ повышеніе.

Когда дѣйствуетъ электро-магнитный двигатель, яркость свѣта уменьшается и разложеніе воды въ вольтаметрѣ идетъ вяло; напротивъ, всѣ эти явленія снова пріобрѣтаютъ прежнюю энергію, какъ только мы прекратимъ производство механической работы.

Между тѣмъ вся сила, которая была потрачена во всѣхъ этихъ аппаратахъ, развивалась въ гальваническомъ элементѣ, подъ вліяніемъ химическаго дѣйствія, — превращенія извѣстнаго количества цинка въ сѣрнокислую

Digitized by Google

соль цинка. Также точно въ печкѣ паровой машины сжиганіе угля, т. е. процессъ окисленія, превращающій уголь въ угольную кислоту, выдѣляетъ теплоту, которая превращается потомъ въ механическую работу.

Но эта сила, выдѣлившаяся изъ взятыхъ нами тѣлъ, содержалась въ нихъ еще прежде, когда цинкъ былъ металломъ, а углеродъ каменнымъ углемъ. Эти тѣла потребили при своемъ образованіи извѣстное количество силы, которую они высвободили наружу, переходя въ другое состояніе. Такимъ образомъ, если мы пожелаемъ теперь возстановить металлическій цинкъ или углеродъ въ чистомъ видѣ, намъ придется возвратить угольной кислотѣ и сѣрнокислому цинку то же количество электричества или теплоты, которое освободилось при ихъ образованіи.

Согласно новой теоріи, сила, обнаруживающая свое дѣйствіе въ извѣстный моментъ, не есть вновь созданная сила, а просто выходитъ изъ того скрытаго состоянія, въ какомъ она находилась до этого момента.

Силою въ *состояніи напряженія* называется такая сила, которая, будучи помѣщена въ извѣстномъ тѣлѣ, ожидаетъ случая для своего проявленія. Такъ *согнутая* пружина, по прошествіи нѣкотораго неопредѣленнаго промежутка времени, снова отдаетъ ту силу, которая употреблена была для того, чтобы ее согнуть; точно также тяжесть, поднятая на извѣстную высоту, въ минуту своего паденія возвращаетъ всю ту работу, которая израсходована на ея поднятіе.

Digitized by Google

ГЛАВА II.

Превращенія физическихъ силъ.

Для того, чтобы доказать неуничтожаемость силъ, необходимо умѣть измѣрять ихъ.—Единицы теплоты и механической работы.—О термодинамикѣ. — Измѣреніе силъ въ живыхъ организмахъ.—Послѣдовательныя фазы превращенія тѣлъ и развивающіяся при-этомъ силы. — Термодинамика въ примѣненіи къ живымъ организмамъ.

Мы видѣли, что сила, въ тѣхъ различныхъ состояніяхъ, въ которыхъ она можетъ существовать, является то скрытою, то въ состояніи напряженія, то, наконецъ, дѣйствуетъ въ формѣ теплоты, электричества и механической работы.

Чтобы прослѣдить эту силу чрезъ всѣ ея различныя превращенія, чтобы доказать, что никогда ни одна часть ея не пропадаетъ, необходимо имѣть средство измѣрять ее во всѣхъ ея видахъ. Химикъ демонстрируетъ намъ неразрушаемость матеріи съ вѣсами въ рукахъ, показывая, что любой граммъ матеріи сохраняетъ свой вѣсъ, несмотря на всѣ видоизмѣненія, которымъ онъ подвергается. Взвѣсьте вещество въ жидкомъ, твердомъ

Digitized by Google

или газообразномъ состояніи, и вы всегда найдете тотъ же граммъ, хотя въ другомъ объемѣ и въ другой формѣ.

Слѣдовательно, измѣреніе необходимо для опредѣленія различныхъ проявленій силы. Мы должны умѣть привести всякое количество теплоты, электричества или механической работы къ опредѣленной единицѣ, подобно тому, какъ всякій вѣсъ сравнивается съ единицею вѣса.

Единица теплоты. Ощущеніе тепла и холода, которое мы испытываемъ при соприкосновеніи съ различными тѣлами, нисколько не соотвѣтствуетъ тому количеству теплоты, которое заключается въ этихъ тѣлахъ. Термометрическіе аппараты такъ же мало, какъ и наши чувства, въ состояніи съ точностью опредѣлить количество теплоты, потому что различныя тѣла, производя одно и то же дѣйствіе температуры на наши чувства и термометръ, выдѣляютъ при-этомъ не одинаковое количество теплоты. Но при нагрѣваніи одного и того же вѣса какого-нибудь тѣла на одинаковое число градусовъ, всегда требуется одно и то же количество теплоты. Поэтому во Франціи и во многихъ другихъ странахъ условились принимать за единицу тепла то количество его, которое необходимо для нагрѣванія одного килограмма воды отъ нуля до одного градуса стоградуснаго термометра.

Единица работы. Механическая сила могла быть опредѣлена только съ тѣхъ поръ, какъ въ науку введено понятіе о *работѣ*. За единицу работы во Франціи принято считать *килограмметръ*, т. е. силу, потребную на то, чтобы поднять килограммъ — единицу вѣса, на метръ — единицу высоты.

Электрическая сила измѣряется однимъ изъ ея дѣйствій, разложеніемъ воды, такъ какъ доказано, что для

Digitized by Google

разложенія одного и того же объема воды требуется одно и то же количество электричества.

Эти измѣренія *активныхъ силъ* даютъ, въ свою очередь, возможность опредѣлить количество силъ въ *напряженномъ состояніи* или такъ называемыхъ *энергій*, заключающееся въ данномъ тѣлѣ. Такъ, напримѣръ, мы вправѣ принять, что килограммъ каменнаго угля и количество кислорода, необходимое для превращенія этого угля въ угольную кислоту, заключали въ себѣ 7000 единицъ теплоты въ напряженномъ состояніи, если соединивши всю теплоту, выдѣлившуюся при горѣніи, намъ удастся нагрѣть на одинъ градусъ 7,000 килограммовъ воды.

Но горящее тѣло не всегда достигаетъ полнаго окисленія. Въ такомъ случаѣ оно не освобождаетъ всего того количества силы въ напряженномъ состояніи, которое въ немъ заключено. Такъ, напримѣръ, килограммъ углерода можетъ подвергнуться только первой степени окисленія и тогда, обращаясь въ окись углерода, выдѣляетъ лишь 5,000 единицъ теплоты. Сжигая теперь эту окись, т. е. превращая ее въ угольную кислоту, мы выдѣлимъ изъ нея лишь остаточныя 2,000 единицъ теплоты.

Мы сказали, что превращеніе физическихъ силъ одной въ другую происходитъ безъ всякой потери со стороны видоизмѣняющейся силы. Чтобы удостовѣриться, что это дѣйствительно такъ, нужно доказать, что извѣстное количество тепловыхъ единицъ, превращаясь въ работу, даетъ постоянное количество *килограммметровъ*, и, наоборотъ, что эта работа, снова переходя въ теплоту, возстановляетъ вполнѣ первоначально взятое количество тепловыхъ единицъ.

Термодинамикой называется та наука, которая изслѣдуетъ отношенія между теплотой и механической

Digitized by Google

работой и опредѣляетъ величину *механическаго эквивалента теплоты*. Понятіе о механическомъ эквивалентѣ, дополняющее теорію превращенія силъ и доказывающее, что при всѣхъ этихъ превращеніяхъ силы ничего не теряютъ и ничего не пріобрѣтаютъ, можно справедливо разсматривать какъ одну изъ величайшихъ побѣдъ новаго времени.

Теорія эквивалентности силъ, предугаданная еще Сади-Карно, ясно формулированная Р. Майеромъ и прочно установленная блестящими опытами Джуля, принята въ настоящее время всѣми физиками. Съ каждымъ днемъ она обогащается новыми доказательствами и фактами, которые вносятъ съ собою все бо̀льшую точность въ опредѣленіе механическаго эквивалента теплоты. Величина этого эквивалента, принятая въ настоящее время, равняется 425; другими словами, для того, чтобы получить одну единицу теплоты, нужно превратить 425 килограмметровъ работы въ теплоту, и, наоборотъ, количество теплоты, способное нагрѣть на одинъ градусъ килограммъ воды при температурѣ нуля, переходя въ работу, можетъ поднять на одинъ метръ 425 килограммовъ [1]).

Но, говоря о термодинамическихъ превращеніяхъ, мы должны указать одно ограниченіе. Уже Карно подозрѣвалъ это, а Клаузіусъ ясно доказалъ, что въ томъ случаѣ, когда теплота употребляется на производство работы, она не вся переходитъ въ механическое движеніе, а большая часть ея остается въ формѣ тепла; тогда какъ, при обратномъ дѣйствіи, мы можемъ превратить въ теплоту всю сумму работы, имѣющейся на лицо. Этимъ нисколько не нарушается законъ эквивалентности

[1]) Опыты Реньо надъ скоростью звука и надъ упругостью газовъ опредѣляютъ настоящую величину эквивалента цифрой 439.

Digitized by Google

силъ, о которомъ мы сейчасъ говорили, потому что, если, съ одной стороны, справедливо, что, напр., въ паровой машинѣ мы находимъ въ видѣ механической работы только незначительную часть, приблизительно $12^0/_0$, той теплоты, которая дается печкой, то, съ другой — не менѣе справедливо и то, что количество видоизмѣняющейся теплоты даетъ въ видѣ работы лишь то количество килограмметровъ, которое соотвѣтствуетъ ея механическому эквиваленту.

Какъ только эти новыя понятія получили право гражданства въ наукѣ, физіологи воспользовались ими для объясненія чрезвычайно темныхъ вопросовъ о теплотѣ и работѣ, производимыхъ животными. Сходство между животнымъ организмомъ и термической машиною подозрѣвалось уже гораздо раньше, и мы сейчасъ увидимъ, какую ясность придала этому смутному представленію новая теорія.

Мы уже сказали раньше, что внутри организма развиваются силы. Всѣ живыя существа выдѣляютъ теплоту, всѣ они производятъ извѣстную работу. Развитіе этихъ силъ происходитъ путемъ химическаго превращенія пищевыхъ веществъ.

На живомъ организмѣ мы можемъ приблизительно измѣрить количество теплоты и произведенной работы, и даже опредѣлить количество силъ, заключающихся въ пищевыхъ веществахъ; для этого достаточно тѣхъ способовъ, которые употребляются физиками при измѣреніи неорганическихъ силъ.

Такъ, оставаясь извѣстное время въ ваннѣ, мы отдаемъ водѣ извѣстное количество тепловыхъ единицъ, которое легко измѣрить. Приводя въ движеніе машину, человѣческая или животная сила даетъ извѣстное количество килограмметровъ, которое опять-таки не трудно

Digitized by Google

измѣрить. Наконецъ, подвергая пищевыя вещества тѣмъ же опытамъ, съ помощью которыхъ мы опредѣляемъ тепловую силу различныхъ горючихъ веществъ, мы найдемъ, что каждое изъ нихъ заключаетъ въ себѣ извѣстное количество силы въ состояніи напряженія. Фавръ и Зильберманъ дали намъ на этотъ счетъ весьма драгоцѣнныя и тщательно составленныя данныя, а Франклэндъ повелъ ихъ изысканія дальше. Въ настоящее время извѣстна калорифическая способность почти всѣхъ пищевыхъ веществъ,—такъ что, слѣдовательно, не трудно вычислить какое количество свободной силы должно дать ихъ окисленіе, въ формѣ ли теплоты, или механической работы.

Но какъ топливо, употребляемое на фабрикахъ, такъ и пищевыя вещества не всегда подвергаются полному окисленію. Каменный уголь при неполномъ сжиганіи даетъ твердый и газообразный остатокъ, въ видѣ кокса и окиси углерода, которые при дальнѣйшемъ окисленіи выдѣляютъ новое количество теплоты. Точно также и остатки отъ процесса уподобленія заключаютъ въ себѣ еще нѣкоторое количество связанной силы. Количество это необходимо измѣрить, если мы желаемъ опредѣлить сколько питательныя вещества потеряли напряженной силы, проходя черезъ организмъ, и сколько, слѣдовательно, ея перешло въ активную силу. Моча также выводитъ изъ организма, невполнѣ окисленные продукты: мочевина и мочевая кислота заключаютъ въ себѣ силу въ состояніи напряженія; все это нужно принимать въ разсчетъ при вычисленіяхъ.

Наконецъ, водяные пары, насыщающіе воздухъ, выдѣляемый легкими, отнимаютъ изъ организма и уносятъ съ собою извѣстное количество теплоты, совершенно

Digitized by Google

такъ же, какъ это бываетъ въ паровикѣ машины; то же нужно сказать и объ испареніи черезъ кожу.

Эта сложность при измѣреніи силъ въ органическихъ существахъ показываетъ какія трудности ожидаютъ тѣхъ, кто захотѣлъ бы провѣрить на живомъ существѣ начала термодинамики. Тѣмъ не менѣе было бы крайне нелогично допустить прямо, безъ всякихъ доказательствъ, что въ живыхъ существахъ физическія силы не подчиняются обыкновеннымъ законамъ. Твердо убѣжденные въ общности законовъ термодинамики, многіе ученые пробовали подвести подъ нихъ и животный организмъ.

Бекларъ первый пытался доказать, что въ человѣческихъ мускулахъ теплота можетъ превратиться въ механическую работу, и обратно. Съ этою цѣлью, онъ изслѣдовалъ,посредствомъ термометра,температуру двухъ сокращенныхъ мышцъ, изъ которыхъ одна производила работу, т. е. поднимала тяжесть, а другая не производила ея. Нужно было ожидать, что въ первой мышцѣ теплоты будетъ меньше, такъ какъ нѣкоторая часть послѣдней должна была превратиться въ механическую работу.

Нѣтъ сомнѣнія, что мысль, положенная Бекларомъ въ основаніе его опытовъ, вполнѣ справедлива; къ сожалѣнію, средства, которыми онъ пользовался для опредѣленія степени теплоты въ мышцѣ, были крайне неудовлетворительны. Такъ, напр., онъ измѣрялъ температуру, просто прикладывая термометръ къ кожѣ на уровнѣ изслѣдуемаго мускула. Вотъ почему измѣненія температуры, полученныя Бекларомъ, сообразно тому, производила ли мышца работу, или нѣтъ, были такъ ничтожны, что имъ нельзя придавать никакого значенія.

Гейденгейнъ получилъ болѣе точные результаты, производя опыты надъ мышцами лягушки, которыя онъ

Digitized by Google

заставлялъ сокращаться, то отягощая ихъ механической работой, то нѣтъ, и измѣрялъ температуру посредствомъ термоэлектрическихъ аппаратовъ.

Гирнъ пошелъ дальше. Онъ поставилъ себѣ задачей опредѣлить эквивалентъ механической работы въ одушевленныхъ двигателяхъ.

Чтобы сдѣлать опыты Гирна болѣе понятными, возьмемъ простѣйшій случай, и предположимъ, что механикъ желаетъ опредѣлить термическій эквивалентъ работы паровой машины, и что ему извѣстно при-этомъ сколько сожжено угля, какое количество выдѣлено теплоты и какъ велика произведенная работа.

Нашъ механикъ прежде всего постарается опредѣлить количество теплоты, какое онъ долженъ получить, соотвѣтственно массѣ сожженнаго угля; но такъ какъ количество дѣйствительно полученной имъ теплоты будетъ меньше ожидаемаго, то недостающую часть онъ долженъ будетъ отнести на счетъ механической работы. Далѣе количество килограмметровъ работы ему извѣстно; слѣдовательно, вся задача его будетъ состоять теперь лишь въ томъ, чтобы раздѣлить это количество на число исчезнувшихъ единицъ теплоты: число килограмметровъ, соотвѣтствующихъ каждой изъ этихъ единицъ, опредѣлится само собою.

Гирнъ считалъ возможнымъ опредѣлить заразъ и сумму сгорѣвшаго вещества, и выдѣленную теплоту, и механическую работу, произведенную человѣкомъ. Субъекта, подвергаемаго опыту, онъ запиралъ въ герметически закрытое помѣщеніе и заставлялъ его вертѣть колесо, которое могло и производить работу, и не производить ее.

Анализируя воздухъ помѣщенія, онъ опредѣлялъ, какое количество угольной кислоты было выдѣлено, и

Digitized by Google

отсюда заключалъ о количествѣ сгорѣвшаго вещества и о числѣ тепловыхъ единицъ, соотвѣтствующихъ этому горѣнію. Теплоту, выдѣлявшуюся въ камеру, онъ опредѣлялъ обыкновенными калориметрическими способами. Въ случаѣ, когда колесо производило работу, эта теплота оказывалась значительно меньше той, которую слѣдовало бы получить, судя по количеству выдѣленной угольной кислоты. Такое исчезновеніе извѣстнаго количества единицъ теплоты объяснялось очень просто: оно было результатомъ превращенія теплоты въ механическую работу.

Опираясь на эти опыты, Гирнъ опредѣлилъ для одушевленныхъ двигателей величину механическаго эквивалента теплоты. Но цифра, полученная имъ, въ значительной степени разнилась отъ той, которая была выведена физиками. И это нисколько не удивительно, если принять во вниманіе сколько трудностей представляютъ подобнаго рода сложные опыты, и какъ легко здѣсь ошибиться. При этомъ можно ошибиться, напримѣръ, въ количествѣ выдѣленной угольной кислоты; можно ошибиться въ характерѣ химическихъ дѣйствій, обусловливающихъ образованіе угольной кислоты, и, слѣдовательно, неточно опредѣлить и количество теплоты, сопровождающей выдѣленіе этой кислоты; можетъ быть невѣрность въ измѣреніи теплоты, выдѣлившейся въ калориметрической камерѣ; наконецъ, можно ошибиться и въ количествѣ механической работы, производимой субъектомъ, взятымъ для опыта. Въ самомъ дѣлѣ, если, сравнительно, не особенно трудно бываетъ вычислить то количество работы, которое производится нашими мышцами при поднятіи извѣстной тяжести, то нельзя сказать того же относительно другихъ видовъ мышечной дѣятельности. Между

Digitized by Google

тѣмъ эти мышечные акты составляютъ весьма значительную долю общей механической работы животнаго организма, которую опредѣлить съ точностью еще никому не удавалось: я говорю о движеніяхъ при обращеніи крови и особенно о тѣхъ движеніяхъ, которыя производятся дыхательными органами.

Къ опытамъ Гирна можно примѣнить все то, что́ было уже сказано относительно большей части физіологическихъ опытовъ, производимыхъ съ цѣлью получить числовыя данныя. Но если эти опыты не дали и не могли дать точныхъ опредѣленій, они, во всякомъ случаѣ, доставили намъ возможность уловить общій характеръ происходящихъ въ организмѣ измѣненій; они показали, что всякій разъ, когда организмъ производитъ внѣшнюю работу, изъ него исчезаетъ извѣстное количество теплоты. Врядъ-ли мы достигаемъ большей точности при измѣреніи термодинамическихъ превращеній въ большей части паровыхъ машинъ, а между тѣмъ никто не думаетъ отрицать, что въ этихъ двигателяхъ теплота и работа переходятъ другъ въ друга сообразно эквивалентнымъ отношеніямъ.

Digitized by Google

ГЛАВА III.

О ЖИВОТНОЙ ТЕПЛОТѢ.

Источники животной теплоты. — Теорія Лавуазье. — Усовершенствованія этой теоріи. — Измѣренія силъ, заключающихся въ пищевыхъ веществахъ и въ отдѣленіяхъ железъ. — Трудность этихъ измѣреній. — Сила, выдѣляемая пищевыми веществами, превращается частью въ теплоту, частью въ работу. — Центры горѣнія въ организмѣ. — Разогрѣваніе железъ и мускуловъ во время ихъ дѣятельности. — Мѣсто выдѣленія теплоты. — Причины, производящія охлажденіе. — Животная температура. — Автоматическій регуляторъ животной температуры.

Втеченіе долгаго времени, животной теплотѣ приписывали совершенно особыя свойства и считали невозможнымъ провести параллель между нею и тою теплотой, которая проявляется въ неорганическомъ царствѣ. Причина этого лежала въ условіяхъ, которыя производятъ нагрѣваніе и охлажденіе животной ткани, и въ силу которыхъ весьма трудно прослѣдить, какъ эта теплота развивается и какъ она исчезаетъ. Было ес тественно

Digitized by Google

допустить, что животная теплота находится въ зависимости отъ вліяній чисто нервнаго происхожденія, видя, что подъ вліяніемъ однихъ психическихъ возбужденій человѣкъ сразу холодѣетъ, тогда какъ отъ другихъ его внезапно бросаетъ въ жаръ. Но теперь всѣ эти факты нашли свое объясненіе, ни мало не противорѣчащее самымъ простымъ законамъ физики. Чтобы сдѣлать ихъ вполнѣ понятными, мы должны разсмотрѣть, какъ производится животная теплота, и какъ она распредѣляется въ различныхъ частяхъ организма.

Давно уже замѣчено, что пищевыя вещества также необходимы для производства тепла, какъ и для развитія мускульной силы. Голодъ, истощая силы животнаго, производитъ въ тоже время и сильное охлажденіе.

Генію Лавуазье мы обязаны уподобленіемъ живаго организма очагу, который сожигаетъ или, правильнѣе *окисляетъ* вещества, взятыя извнѣ, заимствуя изъ атмосферы необходимый для этихъ превращеній кислородъ. Несмотря на всѣ нападки, которыя теорія эта вызвала противъ себя, она въ концѣ концовъ восторжествовала въ наукѣ, постепенно совершенствуясь въ частностяхъ.

Постараемся свести къ реальнымъ началамъ это сравненіе организма съ горящимъ очагомъ. И въ томъ, и въ другомъ случаѣ мы видимъ, что способное къ окисленію вещество подвергается дѣйствію кислорода; но между тѣмъ какъ въ очагѣ газъ, непосредственно и въ чистомъ видѣ, дѣйствуетъ на горючій матеріалъ, доведенный предварительно до высокой температуры,—въ организмѣ онъ сначала растворяется въ крови и затѣмъ уже приходитъ въ соприкосновеніе съ веществами, либо тоже растворенными въ этой жидкости, либо закрѣпленными въ тканяхъ органовъ. Кровообращеніе разноситъ такимъ образомъ во всѣ части организма матеріалы, необходи-

Digitized by Google

мые для выдѣленія силъ. Тѣла эти находятся рядомъ, не оказывая никакого дѣйствія другъ на друга, до того момента, пока какая-нибудь особая причина не вызоветъ ихъ соединенія. Такою причиною является нервная система, роль которой въ этомъ случаѣ вполнѣ аналогична съ ролью искры, зажигающей огонь, или капсули, производящей взрывъ пороха.

Когда процессъ окисленія окончился, и всѣ силы, нужныя для отправленій организма, перешли изъ связаннаго состоянія въ свободное, въ тканяхъ остаются продукты, сдѣлавшіеся безполезными и напоминающіе собою пепелъ очага или дымъ, выходящій изъ трубы. Продукты эти должны быть выведены изъ организма. Эту новую обязанность также принимаетъ на себя кровообращеніе: кровь растворяетъ угольную кислоту и соли, являющіяся окончательными продуктами органическаго окисленія, и относитъ ихъ своимъ непрерывнымъ движеніемъ къ выдѣлительнымъ органамъ: легкимъ и железамъ.

Пока фактъ о переходѣ теплоты въ механическую работу, и обратно, не былъ извѣстенъ, процессы горѣнія, происходящіе въ организмѣ, опредѣлялись по количеству теплоты, выдѣляемой животными въ извѣстную единицу времени. Не мало усилій и ухищреній потрачено были физиками и физіологами на то, чтобы установить мнимое равенство между теоретической теплотой, сотвѣтствующей массѣ вводимаго въ организмъ топлива, и тѣмъ количествомъ ея, которое даетъ экспериментируемое животное.

Машина, которая находится въ дѣйствіи, сообщаетъ калориметру меньшее количество теплоты, чѣмъ ея дала бы простая печь, при томъ же количествѣ горючаго матеріала; точно также и живой организмъ выдѣляетъ тѣмъ меньше теплоты, чѣмъ больше онъ со-

Digitized by Google

вершаетъ механической работы. Говоря объ опытахъ Гирна, мы видѣли, что именно этотъ недочетъ между теоретической теплотой и дѣйствительной, выдѣляющейся при опытахъ, и даетъ намъ возможность опредѣлить величину термическаго эквивалента механической работы живыхъ существъ.

Какъ бы ни были разнообразны проявленія силы въ организмѣ, извѣстная часть ея всегда обнаруживается въ формѣ теплоты, и въ этомъ заключается причина, почему животныя имѣютъ высшую температуру, чѣмъ окружающая ихъ среда.

Посмотримъ же теперь, есть ли возможность, изслѣдуя температуру различныхъ частей животнаго организма опредѣлить тѣ пункты, гдѣ образуется теплота, и указать, гдѣ именно происходитъ процессъ горѣнія, о которомъ мы судимъ лишь по отдаленнымъ его результатамъ.

Въ настоящее время вполнѣ доказано, что процессъ горѣнія, происходитъ не въ легкихъ, чрезъ которыя кислородъ воздуха проникаетъ въ организмъ, потому что кровь, выходящая изъ этого органа, всегда холоднѣе той, которая къ нему притекаетъ. Такъ, если въ сердце животнаго вставить два термометра или двѣ термоэлектрическія стрѣлки, съ цѣлью сравнить температуру крови, приносимой венами въ правую лопасть сердца, съ тою, которая идетъ изъ легкихъ въ лѣвую полость, мы увидимъ, что кровь правой половины сердца всегда бываетъ теплѣе. Отсюда очевидно, что теплота вырабатывается главнымъ образомъ на пути большаго круга кровообращенія.

Еслибы мы захотѣли съ большею точностью опредѣлить мѣсто, гдѣ развивается теплота, для этого нужно взять какой-нибудь отдѣльный органъ и сравнить температуру крови, приносимой къ нему артеріями, съ

Digitized by Google

кровью, которая уносится венами. На самомъ дѣлѣ, подобнаго рода опытами доказано, что мышцы, въ ту минуту, когда онѣ дѣйствуютъ, и железы, въ моментъ отдѣленія соковъ, являются весьма обильными источниками развитія теплоты въ животномъ организмѣ: именно въ этихъ органахъ химическіе процессы совершаются съ наибольшею энергіей.

Но было бы ошибочно думать, что, при изслѣдованіи мускуловъ и железъ, въ моментъ ихъ дѣятельности, мы всегда и во всѣхъ случаяхъ найдемъ повышеніе температуры ихъ венозной крови. Дѣло въ томъ, что тутъ примѣшивается еще третій элементъ, сильно вліяющій на результаты наблюденій, а именно потеря теплоты въ моментъ прохожденія крови черезъ органы. Но не всѣ части тѣла въ одинаковой степени теряютъ теплоту: наиболѣе подвержены этимъ потерямъ поверхностно лежащіе органы, тогда какъ тѣ изъ нихъ, которые скрыты внутри, уже тѣмъ самымъ ограждены отъ дѣйствія причинъ, производящихъ охлажденіе. На этомъ основаніи, желая изслѣдовать измѣненія температуры крови въ железахъ, мы должны брать для подобныхъ изслѣдованій почки или печень, какъ органы, наименѣе подверженные охлажденію. Въ этомъ случаѣ каждая единица теплоты, вновь прибывающая въ железу, должна необходимо выразиться повышеніемъ температуры венозной крови. Напротивъ, если мы возьмемъ подъязычную железу и, обнаживъ ее въ холодное время, изслѣдуемъ температуру ея венозной крови, то окажется, что кровь эта холоднѣе той, которая притекаетъ къ ней черезъ артеріи. Но слѣдуетъ ли изъ того, что эта железа вовсе не выдѣляетъ теплоты? Конечно, нѣтъ: охлажденіе венозной крови показываетъ только, что въ этомъ органѣ теплоты теряется больше, чѣмъ ея вырабатывается.

Digitized by Google

Короче, всѣ органы тѣла вырабатываютъ теплоту; только количества этой теплоты бываютъ различны, смотря по энергіи, съ которою происходятъ въ нихъ химическіе процессы. Температура каждаго органа является производнымъ отъ той теплоты, которая приносится къ нему кровью, отъ теплоты, развивающейся внутри самаго органа, и отъ той, которую онъ отдаетъ наружу. Вотъ почему нѣкоторыя вены, напримѣръ, вены, конечностей, имѣютъ кровь болѣе холодную, чѣмъ соотвѣтственныя артеріи, тогда какъ другія, напримѣръ, легочныя вены, при выходѣ изъ печени, несутъ кровь болѣе теплую, чѣмъ та, которая вошла въ эту железу. Однимъ словомъ, можно принять за общее правило, что разогрѣтая венозная кровь преобладаетъ въ организмѣ надъ охлажденною, такъ что, вступая въ сердце, она на полтора градуса бываетъ теплѣе, чѣмъ когда выходитъ изъ него.

Все сказанное приводитъ насъ къ вопросу о *температурѣ животныхъ*.

Между различными видами животныхъ мы встрѣчаемъ такихъ, которые, несмотря на постоянно производимую ими теплоту, до такой степени поддаются вліянію перемѣнъ въ окружающей температурѣ, что долгое время были извѣстны подъ названіемъ животныхъ *съ холодною кровью*. Въ настоящее время имъ усвоено названіе животныхъ съ перемѣнчивою температурою, что̀ гораздо точнѣе. Что касается такъ-называемыхъ животныхъ *теплокровныхъ*, то они представляютъ ту особенность, что кровь ихъ во внутреннихъ частяхъ тѣла почти неизмѣнно сохраняетъ одну и ту же температуру, каковы бы ни были колебанія внѣшней атмосферы. Такъ, при переѣздѣ изъ полярныхъ странъ къ экватору, человѣкъ въ нѣсколько недѣль испытываетъ перемѣну температуры почти въ 30 градусовъ,

Digitized by Google

и несмотря на то кровь его сохраняетъ постоянную температуру, близкую къ ,38°.

Понятно, что въ виду непрестанныхъ колебаній, какъ въ производствѣ теплоты внутри организма, такъ и въ отдачѣ ея наружу, подобнаго рода устойчивость можетъ быть достигнута лишь при посредствѣ особаго *регулятора* температуры, Такой регуляторъ дѣйствительно существуетъ, и мы остановимся нѣсколько подробнѣе на разсмотрѣніи удивительнаго дѣйствія этого механизма.

Въ промышленномъ производствѣ часто является надобность устроить постоянную температуру, или, по крайней мѣрѣ, устранить причины, производящія усиленное охлажденіе или чрезвычайный жаръ. Въ сушильной печи, напр., задача заключается въ томъ, чтобы не перейти за извѣстную температуру, а съ другой стороны не допустить слишкомъ чувствительнаго паденія ея. Задача эта, относительно, довольно проста. Въ самомъ дѣлѣ, сушильная печь имѣетъ болѣе высокую температуру, чѣмъ окружающій воздухъ; слѣдовательно, колебанія возможны здѣсь только въ одномъ направленіи: въ смыслѣ болѣе или менѣе сильнаго охлажденія; но это охлажденіе легко можетъ быть уравновѣшено соотвѣтственнымъ увеличеніемъ или уменьшеніемъ производства теплоты. Приспособленіе Бунзена отлично разрѣшаетъ эту задачу, регулируя притокъ газа, служащаго для отопленія. Оно увеличиваетъ его притокъ, когда внутренность печи начинаетъ охлаждаться, и уменьшаетъ его, въ случаѣ обратнаго дѣйствія.

Въ животной экономіи измѣненія находятся въ зависимости отъ двоякаго рода причинъ, изъ которыхъ однѣ дѣйствуютъ на производство теплоты, а другія на ея отдачу. Причины потери теплоты здѣсь тѣ же самыя, какъ и въ случаѣ съ сушильной печью. Это, во-первыхъ, тем-

Digitized by Google

пература окружающаго воздуха, отъ которой насъ болѣе или менѣе защищаетъ наша одежда; во-вторыхъ, болѣе или менѣе сильное накожное испареніе, зависящее отъ гигрометрическаго состоянія атмосферы; далѣе, дѣйствія вѣтра или воздушныхъ теченій; температура ванны, въ которую мы погружаемся, и т. д. Всѣ эти причины или ускоряютъ потерю теплоты организма, или задерживаютъ ее. Сюда же относятся вліянія холодной или теплой пищи, которую мы принимаемъ, а также вліяніе холоднаго или теплаго воздуха, вдыхаемаго легкими, и т. п.

Вторымъ измѣнчивымъ элементомъ, опредѣляющимъ животную температуру, является производство теплоты, которое, подобно отдачѣ ея наружу, также колеблется подъ вліяніемъ весьма разнообразныхъ причинъ. Пища, принимаемая нами, оказываетъ вліяніе на производство внутренней теплоты, и своимъ количествомъ, и своимъ качествомъ. Къ этому присоединяется дѣятельность железъ, связанная съ выдѣленіемъ тепла, а также и дѣятельность мускуловъ, невозможная безъ ихъ нагрѣванія.

Несомнѣнно, что, въ извѣстныхъ предѣлахъ, наши чувства даютъ намъ знать—слѣдуетъ ли усилить или ослабить производство теплоты, сообразно усиленію или уменьшенію отдачи. Такъ мы видимъ, что пища измѣняется сообразно съ климатомъ каждой страны, и та воздержность, которую принуждены соблюдать жители теплыхъ странъ, не имѣетъ разумнаго основанія для холодныхъ поясовъ. Бездѣйствіе, которому мы предаемся во время сильнаго жара въ странахъ, находящихся подъ знойнымъ небомъ, есть собственно лишь необходимое средство, чтобы ослабить производство теплоты. Наоборотъ, житель сѣвера ищетъ въ усиленной мускульной дѣятельности средства уравновѣсить претерпѣваемыя имъ тепловыя потери.

Digitized by Google

Но не въ этомъ заключается настоящій регуляторъ животной теплоты. Всѣ эти акты, весьма полезные въ смыслѣ уравновѣшенія температуры тѣла, находятся въ зависимости отъ нашей воли; а между тѣмъ, говоря вообще, природа, чтобы вѣрнѣе обезпечить правильный ходъ отправленій, обыкновенно ставитъ ихъ внѣ вліянія воли. Поэтому настоящаго регулятора температуры мы должны искать въ какомъ нибудь *автоматическомъ* аппаратѣ. Этотъ аппаратъ долженъ такимъ образомъ въ одно и тоже время подчиняться и внѣшнимъ вліяніямъ, и внутреннимъ; онъ долженъ, съ одной стороны, удерживать теплоту, когда ея потеря угрожаетъ быть слишкомъ значительной, а съ другой—способствовать ея выдѣленію, въ случаѣ слишкомъ большаго накопленія ея въ организмѣ.

Эта двоякая цѣль достигается, благодаря одному свойству кровеноснаго аппарата: именно, сосуды, повинуясь нервамъ, дѣйствіе которыхъ открыто Клодомъ Бернаромъ, сжимаются подъ вліяніемъ холода и, наоборотъ, расширяются отъ дѣйствія тепла. Благодаря этому свойству сосудовъ, регулируется въ одно и тоже время и притокъ крови въ каждый изъ органовъ, и температура всего организма.

Возьмемъ, напр., только-что убитое животное. Кровообращеніе прекратилосье въ немъ, а вмѣстѣ съ нимъ остановились и всѣ отправленія. Будучи перенесено въ холодную среду, оно начинаетъ охлаждаться. Согласно законамъ физики, потеря теплоты прежде всего произойдетъ въ оконечностяхъ членовъ и на поверхности тѣла, тогда какъ внутреннія части сохранятъ еще значительную долю теплоты, будучи защищены поверхностными слоями отъ тѣхъ вліяній, которыя производятъ охлажденіе. Съ этимъ трупомъ происходитъ тоже, что и съ

Digitized by Google

неорганическимъ тѣломъ, которое было разогрѣто и затѣмъ стало остывать. При жизни животнаго, кровообращеніе противодѣйствуетъ неравномѣрному распредѣленію теплоты въ различныхъ частяхъ тѣла. Принося внѣшнимъ частямъ артеріальную кровь, температура которой держится на высотѣ около 38°, оно только возвращаетъ имъ ту теплоту, которую онѣ теряютъ подъ вліяніемъ внѣшней температуры. Съ другой стороны, въ случаѣ увеличенія теплоты въ живомъ организмѣ, то же кровообращеніе мѣшаетъ слишкомъ сильному нагрѣванію внутреннихъ его частей, относя эту теплоту къ поверхности тѣла, гдѣ она теряется отъ соприкосновенія съ внѣшнею, болѣе холодною средою.

Такимъ образомъ кровообращеніе имѣетъ своимъ послѣдствіемъ равномѣрное распредѣленіе температуры въ организмѣ. Но равновѣсіе это никогда не бываетъ полнымъ. Дѣйствительно, исключая тотъ случай, когда животное помѣщалось бы въ печи, температура которой была бы равна 38°, и слѣдовательно не теряло бы своей теплоты, мы всегда найдемъ, что поверхность тѣла холоднѣе, чѣмъ внутренніе органы. Впрочемъ, это охлажденіе не производитъ вредныхъ результатовъ, такъ какъ оно не распространяется на болѣе важные органы.

Еслибы кровообращеніе повсюду сохраняло одну и ту же скорость, такая равномѣрность не приводила бы къ сохраненію той постоянной температуры, которая необходима для внутреннихъ частей организма. Единственнымъ результатомъ ея было бы то, что повышенія и пониженія температуры сразу обнаруживались бы по всему тѣлу, смотря по тому какія условія преобладаютъ въ немъ въ данную минуту: условія, усиливающія производство теплоты, или отдачу ея наружу. Для того, чтобы внутренняя температура была постоянною, необходимо вмѣ-

Digitized by Google

шательство такого агента, который увеличивалъ бы скорость кровообращенія всякій разъ, когда въ организмѣ вырабатывается чрезмѣрное количество теплоты, или когда повышеніе температуры окружающей среды ослабляетъ потерю теплоты. Кровообращеніе въ верхнихъ покровахъ тѣла чрезвычайно неравномѣрно, что можно видѣть изъ того, какъ сильно измѣняется внѣшній видъ ихъ: они становятся то красными, теплыми, вздутыми, то, напротивъ, блѣднютъ, холодѣютъ и уменьшаются въ объемѣ, сообразно тому, какъ велико количество обращающейся въ нихъ крови. Эта измѣнчивость зависитъ отъ сокращенія или ослабленія маленькихъ артерій, внѣшняя оболочка которыхъ находится подъ вліяніемъ спеціальныхъ нервовъ. Когда, отъ возбужденія этихъ сосудодвигательныхъ нервовъ, сосуды извѣстныхъ частей сокращаются, кровообращеніе въ нихъ замедляется, и, наоборотъ, разслабленіе сосудовъ ускоряетъ кровообращеніе.

Обыкновенно на самомъ дѣлѣ сама же температура регулируетъ сжатіе и разслабленіе сосудовъ, такъ что можно сказать, что животная температура дѣйствительно обладаетъ *автоматическимъ регуляторомъ*.

Всѣми замѣчено какое вліяніе производитъ тепло и холодъ на состояніе кожи. Опустите одну руку въ горячую воду, а другую въ холодную, и вы увидите, что въ то время, когда первая дѣлается красной, вторая блѣднѣетъ. Это значитъ, что теплота расширяетъ сосуды, тогда какъ холодъ сжимаетъ ихъ. Другими словами, теплота, какъ мы видѣли уже выше, обнаруживая свое дѣйствіе на кровообращеніе, благопріятствуетъ потерѣ теплоты, тогда какъ холодъ, дѣйствуя въ обратномъ смыслѣ, стремится уменьшить силу охлажденія. И это происходитъ не подъ вліяніемъ однихъ только измѣненій внѣшней температуры: то же явленіе мы замѣ-

Digitized by Google

тимъ и въ томъ случаѣ, когда являются колебанія въ развитіи самой животной теплоты. Увеличеніе теплоты въ организмѣ, сопровождающее собой мышечную дѣятельность, равно какъ и то, которое является слѣдствіемъ введенія въ организмъ горячихъ напитковъ, вызываютъ ускореніе кровообращенія въ верхней поверхности тѣла, которая отдаетъ внѣшней средѣ этотъ излишекъ теплоты. Напротивъ, голодъ, мышечный покой, пріемъ холодной воды и т. д. замедляютъ периферическое кровообращеніе и задерживаютъ его охлаждающее дѣйствіе.

Таково происхожденіе и распредѣленіе теплоты въ животномъ организмѣ, насколько мы были въ состояніи уяснить ихъ въ этой краткой главѣ. Роль кровообращенія, вліяніе его на распредѣленіе теплоты требовали бы, можетъ быть, болѣе подробнаго изложенія, но мы уже имѣли случай говорить о нихъ въ другомъ мѣстѣ [1]). Наша цѣль въ настоящемъ случаѣ заключалась въ томъ, чтобы разсмотрѣть теплоту какъ проявленіе силы, и мы имѣли въ виду показать только, что, несмотря на иную внѣшность, теплота одинаково проявляется какъ въ неорганическомъ мірѣ, такъ и въ живыхъ существахъ.

---

[1]) Physiologie médicale de la circulation du sang, Paris, 1863; et la Théorie physiologique du choléra, Gazette hebdomadaire de méd. et de chir., 1867.

Digitized by Google

ГЛАВА IV.

О движеніи у животныхъ.

Движеніе—самая выдающаяся особенность жизненнаго процесса; оно проявляется въ твердыхъ, жидкихъ и газообразныхъ тѣлахъ.—Различіе движеній въ жизни органической и въ жизни животной.—Наша задача ограничится разсмотрѣніемъ животной жизни.—Строеніе мышцъ.—Волнистый видъ живаго волокна.—Мышечная волна. — Судороги и міографія.—Различныя формы мышечныхъ сокращеній.—Сила сокращенія въ связи съ частымъ повтореніемъ мышечныхъ судорогъ.—Свойства волокна въ различныхъ частяхъ организма.

Движеніе представляетъ собою самую выдающуюся особенность процесса жизни; оно проявляется во всѣхъ отправленіяхъ организма, составляетъ содержаніе многихъ изъ этихъ отправленій. Было бы слишкомъ долго излагать, въ силу какого механизма кровь обращается въ сосудахъ, какимъ образомъ воздухъ, то проникаетъ въ легкія, то выходитъ изъ нихъ, какимъ медленнымъ и постояннымъ сокращеніямъ подвержены кишки и железы. Всѣ эти движенія совершаются внутри органовъ, безъ всякаго участія воли, а часто даже помимо нашего сознанія; всѣ они—акты *органической жизни.*

Digitized by Google

Съ другой стороны, существуютъ движенія, вполнѣ подчиненныя нашей волѣ, которая сообщаетъ имъ быстроту, энергію и продолжительность. Сюда относятся всѣ мышечные акты, имѣющіе цѣлью перемѣщеніе и разнообразные моменты сознательной жизни (la vie de relation). Мы здѣсь спеціально займемся явленіями послѣдняго порядка, которыя легче поддаются наблюденію и анализу. Замѣтимъ только, что это рѣзкое разграниченіе между органической жизнью и жизнью сознательной не можетъ быть допущено безъ оговорокъ. Биша, установившій его, основывался на анатомической и функціональной разницѣ, не имѣющей теперь того значенія, какое ей приписывали въ его время.

Мышечный элементъ органической жизни есть гладкое волокно, подчиненное особаго рода нервамъ, которые извѣстны подъ именемъ симпатическихъ и на которые воля не оказываетъ никакого вліянія. Движенія, производимыя этого рода волокнами, проявляются много спустя послѣ раздраженія нерва или мышцы и продолжаются довольно долгое время. Наконецъ, самое назначеніе этихъ актовъ, заключающееся въ томъ, чтобы поддерживать жизнь особи, придаетъ имъ совершенно спеціальный характеръ. Мускульный же элементъ сознательной жизни состоитъ изъ полосатаго волокна, управляемаго волей и находящагося въ зависимости отъ нервовъ, идущихъ прямо или изъ головнаго, или же изъ спиннаго мозга. Эти движенія появляются въ самый моментъ раздраженія, продолжаются недолго и, вообще говоря, не составляютъ необходимаго элемента для поддержанія животной жизни.

Хотя это опредѣленіе въ общихъ своихъ чертахъ совершенно вѣрно, тѣмъ неменѣе не трудно замѣтить, что въ немъ много произвольнаго и что можно пред-

Digitized by Google

ставить не малое число исключеній изъ тѣхъ анатомическихъ и физіологическихъ законовъ, которые оно стремится установить. Такъ сердце, органъ безусловно необходимый для органической жизни и не подчиненный вліянію воли, по своему строенію, значительно приближается къ мышцамъ, производящимъ произвольныя движенія. Нѣкоторыя рыбы вида tinca имѣютъ въ толстыхъ кишкахъ полосатыя мышцы, какъ-то показалъ Р. Веберъ. Съ другой стороны, весьма часто воля не оказываетъ никакого дѣйствія на нѣкоторые мускулы, которые какъ по строенію, такъ и по свойству нервовъ, ими управляющихъ, должны быть отнесены къ области сознательной жизни.

Впрочемъ, привычка, полученная долгимъ упражненіемъ, повидимому, въ весьма значительной степени способствуетъ расширенію дѣйствія воли на мышцы. Молодое животное неловкостью своихъ движеній ясно показываетъ, что оно еще не освоилось съ отправленіями своихъ мышцъ; оно какъ-бы изучаетъ самыя простыя движенія и все-таки выполняетъ ихъ дурно; между тѣмъ какъ акробатъ или опытный піанистъ совершаютъ чудеса ловкости, силы и отчетливости, и притомъ такъ, что нельзя замѣтить никакого соотношенія между усиліями воли, которыя они дѣлаютъ, и громаднымъ результатомъ, ими получаемымъ. Многіе физіологи допускаютъ, и мы вполнѣ согласны съ ними, что въ мозгу и въ мозжечкѣ заключаются центры нервной дѣятельности, которая, путемъ упражненія, пріобрѣтаетъ извѣстныя особенности, и что вслѣдствіе этого вырабатывается способность управлять и сочетать извѣстныя группы движеній, безъ всякаго участія со стороны той части мозга, въ которой совершается процессъ мышленія и при посредствѣ котораго мы сознаемъ наши дѣйствія.

Digitized by Google

Но оставимъ въ сторонѣ эти, еще далеко неразрѣшенные вопросы, и посмотримъ, какъ проявляется движеніе въ произвольныхъ мышцахъ. Органъ, производящій движеніе, слагается изъ весьма разнообразныхъ элементовъ. Какъ бы ни была ничтожна его дѣятельность, онъ тѣмъ неменѣе требуетъ участія мышечнаго волокна, кровеносныхъ сосудовъ, приносящихъ ему химическіе элементы, благодаря которымъ только и можетъ произойти движеніе, и наконецъ нервовъ, вызывающихъ въ волокнѣ появленіе движенія.

Желая изучить дѣйствія, происходящія въ мышцахъ физіологъ никогда не приступаетъ сразу къ изслѣдованію произвольныхъ движеній, потому что послѣднія слишкомъ сложны. Напротивъ, онъ старается изолировать мышцу и вызываетъ въ ней движенія, дѣйствуя на ея нервъ различными искусственными раздраженіями, которыя, смотря по надобности, онъ то увеличиваетъ, то уменьшаетъ.

Чтобы составить себѣ представленіе объ участіи каждаго элемента двигательнаго аппарата въ производствѣ движенія, достаточно произвесть опытъ надъ лапкой лягушки. Операція производится слѣдующимъ образомъ: обнажаютъ нервъ бедра — что не представляетъ особенной трудности,—и затѣмъ, перерѣзавши его, уничтожаютъ всякое вліяніе воли на мышцу. Вслѣдствіе этого, мышца будетъ производить только тѣ движенія, которыя явятся результатомъ раздраженія, производимаго электричествомъ или другимъ какимъ-либо раздраженіемъ и направленнаго на ту часть нерва, которая находится въ связи съ мышцей. По бокамъ бедреннаго нерва лежатъ съ одной стороны артеріи, съ другой вены; сжимая артерію, мы прекращаемъ притокъ крови къ мышцѣ, сдавливая же вену, мы производимъ застой крови. Это даетъ

Digitized by Google

намъ возможность наблюдать то вліяніе, которое производитъ кровообращеніе въ разныхъ своихъ видахъ на отправленія мышцъ. Наконецъ, разрѣзывая кожу, мы можемъ обнажить мышцу и такимъ образомъ подвергнуть ее прямому дѣйствію холода, тепла и различныхъ ядовитыхъ веществъ, видоизмѣняющихъ его движеніе.

Раздражая посредствомъ электрическаго разряда нервъ лягушки, приготовленной указаннымъ способомъ, мы вызываемъ въ немъ то крайне быстрое, конвульсивное движеніе, которое мы обозначимъ здѣсь словомъ „судорога", въ отличіе отъ настоящаго мышечнаго сокращенія. Движеніе это пробѣгаетъ такъ быстро, что глазъ не въ состояніи подмѣтить всѣ фазы его. Поэтому, для изученія ихъ необходимо прибѣгнуть къ спеціальнымъ инструментамъ. Лучше всего могутъ служить для этой цѣли пишущіе аппараты, которые съ необыкновенною точностью передаютъ всѣ сообщаемые имъ оттѣнки движенія. Устройство этихъ аппаратовъ, которые уже издавна и почти исключительно употребляются метеорологами, извѣстно въ общихъ чертахъ. Показанія термометра и барометра, сила и направленіе вѣтра, количество выпавшаго дождя и т. д. обозначаются кривой, повышенія и пониженія, которой указываютъ на наростаніе или ослабленіе энергіи наблюдаемаго явленія. Время, въ теченіе котораго совершаются всѣ эти измѣненія, можетъ быть опредѣлено длиною кривой, рисуемой перомъ на бумагѣ, движущейся съ опредѣленной и совершенно равномѣрной скоростью.

Аппараты подобнаго рода были употреблены для физіологическихъ цѣлей Фолькманомъ, Людвигомъ и Гельмгольцемъ. Я пробовалъ примѣнить ихъ къ возможно большему числу случаевъ и съ этою цѣлью приготовилъ значительное число инструментовъ, подробное описаніе

Digitized by Google

которыхъ здѣсь не у мѣста. Приборъ, употребляемый при изученіи мышечныхъ движеній, называется *Міографомъ*. Судороги мышцъ передаются имъ въ видѣ кривой,—что даетъ возможность легко уловить всѣ ихъ фазы. Въ другомъ сочиненіи [1]) я подробно изложилъ, какъ устройство этого инструмента, такъ и тѣ опыты и выводы, которые были сдѣланы при его помощи; поэтому я ограничусь здѣсь лишь общимъ описаніемъ главныхъ результатовъ міографіи.

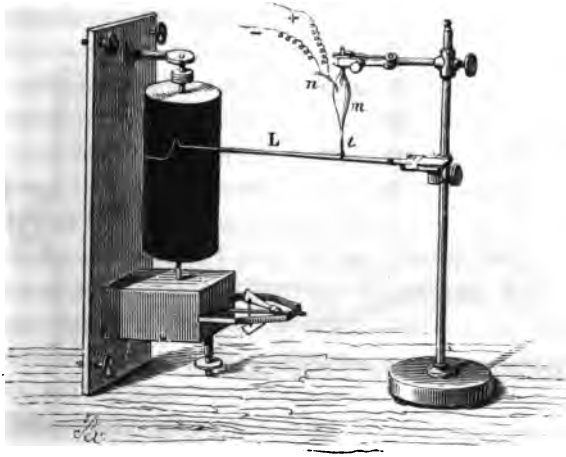


Рис. 2. Теоретическое описаніе міографа.

Для того, чтобы сдѣлать вполнѣ понятнымъ дѣйствіе аппарата, мы разложимъ его на главные его элементы. На рисункѣ (2) изображена икряная мышца лягушки (m), подвѣшенная между щипцами за кость голени, къ которой она прикрѣпляется въ верхней своей части. Сухо-

[1]) Du mouvement dans les fonctions de la vie (Paris, 1867 G. Baillière).

Digitized by Google

жиліе (t) мышцы сначала было перерѣзано, а потомъ привязано ниткой къ рычагу L, который можетъ подни маться и опускаться, вращаясь около оси. Нервъ (n) раздражаемый электрическими ударами, вызываетъ въ мышцѣ быстрыя сокращенія, перемежаемыя столь же быстрыми разслабленіями, что̀ собственно и составляетъ такъ-называемыя *судороги*. Каждое изъ этихъ движеній сообщается рычагу. Послѣдній оканчивается штифтикомъ и, то поднимаясь, то опускаясь, чертитъ кривыя на вращающемся цилиндрѣ. Повышенія этихъ кривыхъ выра-

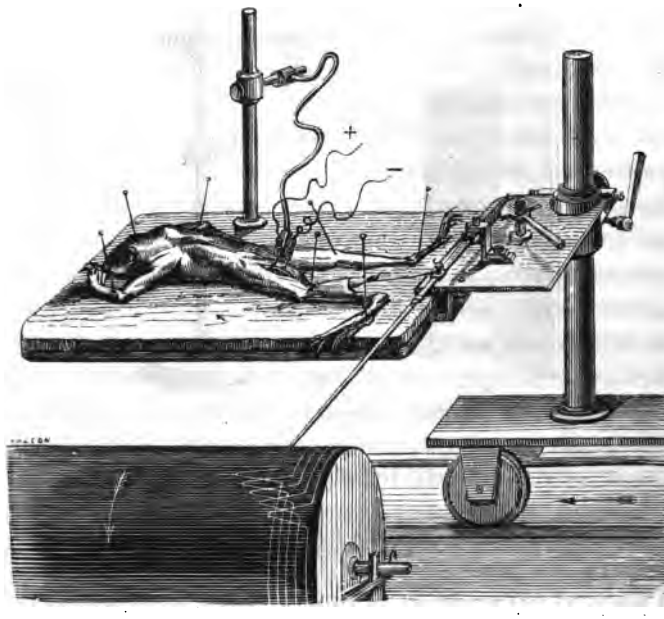


Рис. 3. Міографъ Марэ.

жаютъ сокращенія мышцы, а пониженія ихъ указываютъ на то, что мышца приняла свой прежній видъ.

Съ моимъ міографомъ можно производить опыты надъ

Digitized by Google

мышцами, не отдѣленными отъ остальной части тѣла лягушки, что́ даетъ возможность оставить органъ при нормальныхъ условіяхъ его дѣятельности.

Рисунокъ 3 изображаетъ лягушку, прикрѣпленную булавками къ пробковой дощечкѣ. У лягушки предварительно разрушены головной и спинной мозгъ, съ цѣлію убить въ ней всякія произвольныя движенія и чувствительность. Хотя и мертвое на видъ, животное тѣмъ неменѣе въ теченіе нѣсколькихъ часовъ сохраняетъ и кровообращеніе, и способность реагировать движеніемъ на электрическіе удары. Кровообращеніе также продолжаетъ совершаться. Посредствомъ электрическаго возбудителя нерву передаются удары индукціоннаго аппарата.

Отмѣтка движеній и передача ихъ въ видѣ кривыхъ, изображающихъ различныя ихъ фазы, производится на міографѣ вышеуказаннымъ способомъ. Сухожиліе мышцы перерѣзано и стянуто металлической проволокой, которая другимъ концомъ прикрѣплена къ рычагу. Послѣдній двигается въ горизонтальной плоскости, когда мышца притягиваетъ его и отъ дѣйствія пружины снова возвращается въ свое прежнее положеніе, какъ только дѣятельность мышцы прекратится. На свободномъ концѣ рычага находится штифтикъ, который отмѣчаетъ на вращающемся цилиндрѣ, обернутомъ закопченою бумагою, движенія взадъ и впередъ, происходящія вслѣдствіе постоянной смѣны сокращенія и разслабленія мышцы. Если мы остановимъ движеніе цилиндра, то рычагъ при каждой судорогѣ будетъ чертить приблизительно прямую линію, которая выразитъ собою силу сокращенія мышцы. Многіе ученые ограничиваются этого рода міографомъ, опредѣляя съ помощью его тѣ измѣненія, которыя различныя вліянія производятъ въ энергіи мышечной дѣятельности. Если мы сообщимъ цилиндру быстрое вращательное движеніе,

Digitized by Google

то получимъ кривую, которая своей высотой выразитъ размѣръ сокращенія, а своимъ ежеминутно измѣняющимся наклоненіемъ опредѣлитъ скорость, съ которою совершаются въ мышцѣ различныя фазы ея судорожнаго движенія. Наконецъ, чтобы получить возможно большее количество послѣдовательныхъ кривыхъ и притомъ такъ, чтобы онѣ не сливались другъ съ другомъ, подставку міографа ставятъ на рельсы, положенные параллельно оси цилиндра. При этомъ условіи штифтикъ чертитъ вокругъ цилиндра безконечную спираль, на которой подъ вліяніемъ ряда электрическихъ ударовъ, произведенныхъ въ равные промежутки времени, появится рядъ правильно изогнутыхъ кривыхъ (см. рис. 5), соотвѣтствующихъ каждая одной изъ судорогъ, вызванныхъ электричествомъ.

Если мы усилимъ или ослабимъ скорость вращательнаго движенія цилиндра, то вмѣстѣ съ тѣмъ измѣнится и видъ кривыхъ, и пространство, занимаемое ими на бумагѣ; если же сообщить вращательному движенію постоянную скорость, то кривыя сохранятъ одну и ту же форму во все то время, пока въ мышцѣ будутъ происходить одни и тѣ же движенія.

Мышечныя судороги могутъ быть вызваны нетолько раздраженіемъ нерва, но и тогда, когда раздражитель прикладывается напосредственно къ самой мышцѣ. Щипанье, удары и прижиганіе нерва также могутъ быть отнесены къ причинамъ, производящимъ въ мышцахъ движеніе.

Характеръ всѣхъ этихъ движеній измѣняется подъ вліяніемъ извѣстныхъ условій. Такъ, усталость мышцы, охлажденіе ея, остановка кровообращенія внутри органа измѣняютъ форму судороги, уменьшаютъ ея энергію и увеличиваютъ ея продолжительность. При этихъ услові-

Digitized by Google

яхъ міографическая кривая принимаетъ формы, обозначенныя на рис. 4 линіями 1, 2, 3.

Рис. 4. Форма судороги соотвѣтственно степени усталости мышцы: 1) свѣжая мышца, 2) нѣсколько усталая и 3) совсѣмъ утомленная.

У различныхъ животныхъ продолжительность судороги бываетъ весьма различна: она чрезвычайно кратковременна у птицъ (отъ 2 до 3 сотыхъ секунды), нѣсколько продолжительнѣе у человѣка и особенно долго длится у

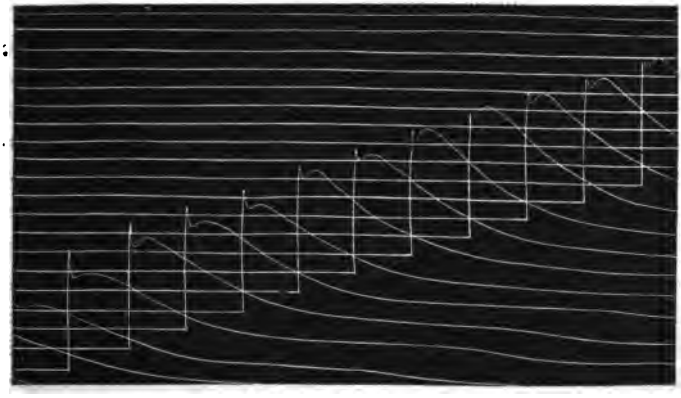


Рис. 5. Послѣдовательныя измѣненія судороги въ мышцѣ, постепенно отравляемой вератриномъ. Внизу и съ лѣвой стороны рисунка видны первыя послѣдствія отравленія.

черепахи и у животныхъ, подверженныхъ зимней спячкѣ. Наконецъ, нѣкоторые яды до такой степени измѣ-

Digitized by Google

няютъ характеръ этихъ движеній, что по формѣ кривыхъ можно опредѣлить малѣйшія количества этихъ ядовъ, введенныхъ въ организмъ животнаго.

Рис. 5 представляетъ послѣдовательныя формы, которыя принимаетъ мышечная судорога лягушки, при постепенномъ всасываніи вератрина.

Всѣ эти опыты показываютъ пока лишь одно, а именно, что сокращаясь или удлиняясь, мышцы проходятъ извѣстныя фазы, характеръ которыхъ находится въ зависимости отъ различныхъ, указанныхъ выше, моментовъ.

Продолжая дальше изученіе явленій сокращенія мышцы, мы увидимъ, что они заключаются лишь въ измѣненіи формы ея, и что уменьшеніе длины мышцы сопровождается соотвѣтственнымъ набуханіемъ всего органа. Этого и слѣдовало ожидать отъ ткани, неподдающейся сжатію. Разсмотримъ теперь процессъ набуханія, любопытный во многихъ отношеніяхъ.

Уже давно было замѣчено, что на живыхъ мышцахъ, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ производится раздраженіе, образуются выпуклости или узлы, перебѣгающіе, съ большей или меньшею скоростью, вдоль всей мышцы, подобно волнѣ на поверхности воды. Эби [1]) доказалъ, что это явленіе совершенно нормальное, и далъ ему названіе *мышечной волны*, которая, начинаясь въ точкѣ раздраженія, распространяется по обѣ стороны мышцы, со скоростью около одного метра въ секунду. Съ помощью аппарата, который я назвалъ *міографическими щипчиками*, легко провѣрить на живомъ организмѣ дѣйствительное существованіе этихъ волнъ.

---

[1]) Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Reizung in den quergestreiften Muskelfasern. Braunschweig. 1862.

Digitized by Google

Появленіе волны въ мышцѣ приводитъ за собою сокращеніе ея. Это сокращеніе длится все время, пока существуетъ волна, и прекращается, когда волна исчезнетъ, дошедши до конца мышечнаго волоконца.

Эти факты непосредственно примыкаютъ къ тому, что даетъ намъ микроскопическое изслѣдованіе животнаго мышечнаго волокна. Возьмемъ пучекъ мышечныхъ волоконъ насѣкомаго (всего лучше лапку какого-нибудь жесткокрылаго) и посмотримъ его подъ микроскопомъ; прежде всего намъ бросятся въ глаза красивыя струйчатыя полоски, идущія поперегъ волокна затѣмъ, на поверхности волоконъ мы замѣтимъ особаго рода переливчатое движеніе, напоминающее движеніе волнъ на поверхности воды. Всматриваясь ближе въ это явленіе, мы увидимъ, что въ нѣкоторыхъ мѣстахъ поперечныя струйки тѣснѣе примыкаютъ другъ къ другу, что́, при разсматриваніи съ боку, должно выразиться набуханіемъ волны. Это именно и есть та волна, которую мы видимъ въ микроскопъ: вслѣдствіе продольнаго уплотненія мышцы въ этомъ мѣстѣ, она становится здѣсь менѣе прозрачной, чѣмъ въ другихъ мѣстахъ (рис. 6). Эта непро-

Рис. 6. Видъ нѣсколькихъ волнъ на мускульной фибрѣ.

зрачная волна движется вдоль всего волокна, другими словами, точки, въ которыхъ поперечныя струйки сближаются между собою, не всегда бываютъ однѣ и тѣ же: исчезая въ одномъ мѣстѣ, продольное уплотненіе тотчасъ же появляется въ другихъ ближайшихъ частяхъ.

Такъ какъ сокращеніе мышцы сопровождается набуханіемъ ея въ поперечномъ направленіи, то по этому

Digitized by Google

набуханію можно изучить характеръ движенія, происходящаго въ мышцѣ. Мнѣ удалось найти способъ отмѣчать эти перемѣны объема мышцы, точно также, какъ мы отмѣчаемъ измѣненія ея длины. Съ помощью его можно бы изучить мышечныя движенія даже у человѣка, такъ какъ тутъ не нужно ни ножа, ни крови.

Представьте себѣ мышцу, сдавленную между листками щипцовъ; при каждомъ набуханіи мышцы, листки, конечно, раздвинутся, и это движеніе ихъ можетъ быть легко отмѣчено.

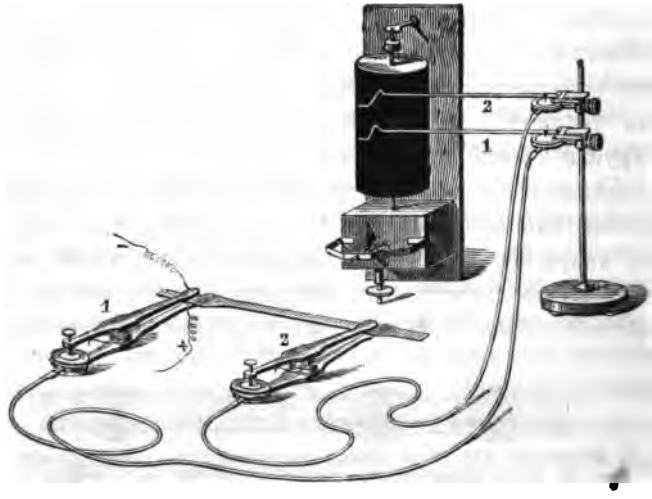


Рис. 7. Мышечный пучекъ, расположенный между двумя міографическими щипчиками. Къ щипчику, № 1, приложены электрическіе возбудители. Волна изображена въ моментъ прохожденія ея чрезъ каждый изъ щипчиковъ.

Этотъ способъ даетъ возможность изучать явленіе мышечной волны, а также скорость, съ которою она распространяется по мышцѣ.

Digitized by Google

Рис. 7 представляетъ мышечный пучекъ, сдавленный въ двухъ мѣстахъ между пластинками міографическихъ щипчиковъ 1 и 2. Щипчики эти устроены такимъ образомъ, что, когда листья ихъ раздвигаются набухающей мышцей, они сдавливаютъ маленькій барабанчикъ, изъ котораго, при посредствѣ каучуковой трубки, воздухъ отчасти всасывается въ другой подобный же барабанчикъ. На рисункѣ видны два такихъ барабанчика, расположенные на одной и той же подставкѣ. Когда верхняя перепонка барабанчиковъ вздувается, она приподнимаетъ пишущій рычагъ, который и отмѣчаетъ набуханіе мышцы въ томъ мѣстѣ, гдѣ ее обхватываютъ щипчики № 1. Это движеніе выражается на чертежѣ въ видѣ кривой, подобной тѣмъ, которыя мы уже видѣли выше.

Предположимъ, что мышца раздражается электричествомъ около щипчиковъ № 1: появленіе волны въ этомъ мѣстѣ будетъ отмѣчено кривой; но щипчики № 2 остаются пока въ покоѣ. Чтобы и они въ свою очередь были приведены въ движеніе, необходимо, чтобы волна, распространяясь вдоль мышцы, дошла и до нихъ: тогда и они дадутъ свой сигналъ. Но изъ чертежа видно, что это второе движеніе отстаетъ отъ перваго на нѣкоторую величину, которую нетрудно выразить во времени, такъ какъ скорость вращательнаго движенія цилиндра извѣстна.

Я нашелъ, что причины, измѣняющія напряженіе и продолжительность мышечной судороги, измѣняютъ также напряженіе и скорость распространенія волны. Такъ, обѣ нижнія волны, изображенныя на рис. 8, показываютъ, что передача волны замедлилась отъ дѣйствія холода.

Опытъ этотъ былъ произведенъ надъ мышцами кроличьяго бедра. Щипчики помѣщались на возможно большемъ разстояніи другъ отъ друга, приблизительно на 7 сантиметровъ; электрическій токъ дѣйствовалъ на ниж-

Digitized by Google

ній конецъ мышцы, и я получилъ двѣ верхнія кривыя, изображенныя на рис. 8. Промежутокъ, отдѣляющій эти кривыя, опредѣляетъ продолжительность передачи мышечной волны. Нижнія кривыя получились послѣ охлажденія мышцы льдомъ. Изъ рисунка видно, что передача волны въ этомъ случаѣ замедлилась, такъ какъ разстояніе между нижними кривыми больше, чѣмъ между верхними.

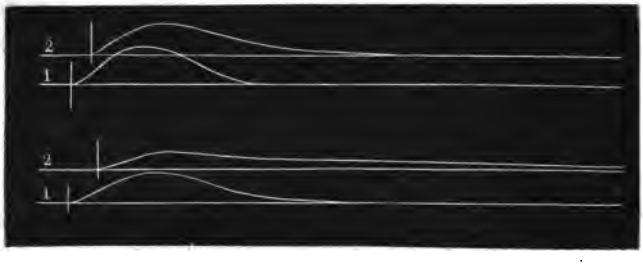


Рис. 8. Двѣ различныя скорости мышечной волны.

Производство механической работы въ мышцѣ. Мы уже видѣли, что химическія дѣйствія составляютъ источникъ мышечной силы; спрашивается теперь, чрезъ какія посредствующія ступени проходитъ эта сила, прежде чѣмъ превратится въ механическую работу?

Въ паровыхъ машинахъ теплота служитъ необходимымъ посредникомъ между окисляющимъ углемъ и механической работой. Весьма вѣроятно, что и въ мышцѣ дѣло происходитъ подобнымъ же образомъ. Химическое дѣйствіе, вызванное нервами внутри мышечнаго волокна, выдѣляетъ теплоту, которая, въ свою очередь, частью превращается въ работу. Мы говоримъ частью, потому что по второму закону термодинамики теплота не можетъ перейти въ работу цѣликомъ.

Digitized by Google

Нѣкоторые факты, повидимому, оправдываютъ это предположеніе;—такъ, нагрѣвая мышцу, мы измѣняемъ ея форму: она сжимается и набухаетъ. Но стоитъ только охладить мышцу, и она снова принимаетъ прежній видъ.

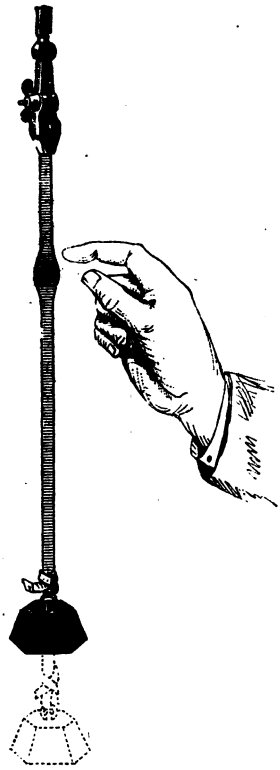


Рис. 9. Превращеніе теплоты въ механическую работу посредствамъ каучуковой нитки.

Это свойство превращать теплоту въ работу принадлежитъ не одному только мышечному волокну. Ту же особенность мы замѣчаемъ, напр., и въ каучукѣ, съ помощью котораго мы можемъ до нѣкоторой степени воспроизвести всѣ мышечныя явленія.

Если взять кусокъ невулканизированной каучуковой нитки и растянуть его до того, чтобы онъ сдѣлался въ 10 или 15 разъ длиннѣе прежняго, то мы замѣтимъ, что цвѣтъ нитки измѣняется: она дѣлается бѣлой и блестящей. Въ тоже время она замѣтно нагрѣвается и обнаруживаетъ сильное стремленіе принять свой прежній видъ,—такъ что, если отпустить одинъ конецъ ея, она тотчасъ же принимаетъ прежнюю величину и прежнюю температуру. По теоріи, свободная теплота превратилась здѣсь въ механическую работу. Въ самомъ дѣлѣ, если опустить растянутую нитку въ воду, съ цѣлью отнять у нея ея теплоту, она, такъ сказать, застынетъ

Digitized by Google

въ этомъ состояніи и не дастъ никакой механической работы. Но если растянутой ниткѣ возвратить потерянную теплоту, она съ силой вернется къ прежнему состоянію.

Рис. 9 представляетъ каучуковую нитку, растянутую и потомъ охлажденную; къ ней привѣшена тяжесть, которую она не въ силахъ поднять. Но если захватить нитку между пальцами, то мы увидимъ, что она взудувается и укорачивается, приподнимая тяжесть: здѣсь очевидно происходитъ механическая работа.

Если такимъ образомъ нагрѣвать нитку въ нѣсколькихъ мѣстахъ, то получится цѣлый рядъ вздуваній, изъ которыхъ каждое поднимаетъ тяжесть на извѣстную высоту. Наконецъ, если мы нагрѣемъ ее по всей длинѣ, то она приметъ свои прежніе размѣры, исключая то незначительное растяженіе, которое обусловливается подвѣшенной тяжестью.

Въ этомъ явленіи мы замѣчаемъ глубокую аналогію съ тѣмъ, что происходитъ въ мышечной ткани. Сходство перешло бы въ настоящее тожество, если бы волна, производимая теплотою на каучуковой ниткѣ, передавалась бы дальше. Эта передача волны въ мышечномъ волокнѣ показываетъ, что химическіе процессы, производящіе теплоту, распространяются постепенно по всей его длинѣ. Такъ, если зажечь пороховую дорожку въ одномъ какомъ нибудь мѣстѣ, то воспламененіе распространяется на всю массу его.

Указанное сходство между мышцей и каучуковой нитью показалось намъ заслуживающимъ вниманія; мнѣ; кажется, что оно бросаетъ новый свѣтъ на происхожденіе мышечной работы.

Digitized by Google

ГЛАВА V.

Сокращеніе и работа мускуловъ.

Отправленіе нервовъ.—Скорость нервнаго дѣятеля—Объ измѣреніи времени въ физіологіи. — Столбнякъ и мышечное сокращеніе.—Теорія сокращенія.—Работа мышцъ.

Въ опытахъ, изложенныхъ нами въ предыдущей главѣ, мы имѣли дѣло съ мышцами, поставленными въ искусственныя условія, такъ что можетъ родиться сомнѣніе въ цѣнности результатовъ, добытыхъ такимъ путемъ. Спрашивается теперь: есть ли возможность отожествить электрическое раздраженіе, которымъ мы вызываемъ движеніе въ мышцѣ, съ тѣмъ неизвѣстнымъ намъ возбудителемъ, который воля посылаетъ чрезъ посредство нервовъ въ мышцы, чтобы заставить ихъ производить извѣстные акты? И есть ли что-нибудь общее между этими искусственно вызванными движеніями, этими моментальными судорогами, столь похожими другъ на друга,—когда условія, въ которыхъ мышца дѣйствуетъ, остаются

Digitized by Google

одни и тѣ же,—и тѣми, разнообразными по своей формѣ и по своей продолжительности, движеніями, которыя порождаетъ наша воля?—Остановимся нѣсколько на этихъ вопросахъ, которые во всякомъ случаѣ заслуживаютъ того, чтобы мы сказали о нихъ нѣсколько словъ.

Отправленіе нервовъ. Было бы ошибочно думать, что, при раздраженіи нервовъ электрическимъ зарядомъ, само электричество распространяется на мышцу, заставляя ее сокращаться. Мышечная судорога является и въ томъ случаѣ, когда приняты мѣры, чтобы электричество не могло распространиться вдоль по нерву, или когда раздражителями употребляются другія средства, напр., щипаніе или удары.

Слѣдовательно, дѣйствіе внѣшняго раздраженія заключается лишь въ томъ, что оно вызываетъ въ нервѣ перемѣщеніе агента, присущаго этому органу. Но не есть ли этотъ агентъ то же электричество? Въ этомъ отношеніи, несмотря на превосходныя работы нѣмецкихъ физіологовъ и особенно Дюбуа Реймонда, наука не пришла еще къ окончательному рѣшенію. Извѣстно только, что какими бы способами мы не раздражали нервъ, въ немъ всегда обнаруживаются электрическія явленія, которыя, судя по всему, распространяются съ такою же точно скоростью, съ какой происходитъ перемѣщеніе самаго нервнаго агента. Спрашивается, какимъ образомъ была опредѣлена эта скорость?

Гельмгольцу принадлежитъ смѣлая мысль произвести это измѣреніе, и, опредѣляя скорость распространенія нервнаго агента, онъ далъ физіологамъ методъ, при помощи котораго можно измѣрить продолжительность цѣлаго ряда явленій, связанныхъ съ нервными или мышечными функціями. Такъ, представленный выше опытъ посредствомъ котораго мы опредѣляли скорость передачи

Digitized by Google

мышечной волны, былъ лишь частнымъ приложеніемъ метода Гельмгольца.

Чтобы сдѣлать вполнѣ понятными условія, при которыхъ производится опытъ Гельмгольца, прибѣгнемъ къ сравненію. Положимъ, что мы живемъ въ Марсели и получили письмо изъ Парижа; положимъ также, что мы въ точности знаемъ время, когда почтовый поѣздъ выходитъ изъ Парижа, но что намъ неизвѣстно, когда онъ приходитъ въ Марсель; знаемъ только, что письмо вручено намъ почтальономъ въ такой то часъ. Спрашивается, можно ли на основаніи этого даннаго опредѣлить скорость движенія поѣзда? Очевидно, что моментъ, когда мы получили письмо, не есть моментъ прибытія поѣзда, потому что между прибытіемъ его и раздачею писемъ проходитъ обыкновенно извѣстное время на нѣкоторыя предварительныя работы: сортировку писемъ, переноску ихъ и т. п., время, продолжительность котораго мы не знаемъ. Поэтому, чтобы въ точности узнать скорость почтоваго поѣзда, необходимо справиться, въ какое время поѣздъ прошелъ черезъ какую-нибудь промежуточную станцію, напр., Дижонъ. Положимъ, мы узнали, что письма получаются нами на шесть часовъ скорѣе послѣ отхода поѣзда изъ Дижона, чѣмъ послѣ отхода его изъ Парижа: зная, сколько километровъ между этими двумя станціями, мы будемъ въ состояніи, по времени, употребленномъ поѣздомъ на прохожденіе этого пространства, опредѣлить скорость его движенія. Предполагая же, что скорость эта вездѣ одинаковая, мы опредѣлимъ часъ прибытія поѣзда въ Марсель и время, употребленное на сортировку и раздачу писемъ.

Гельмгольцъ, производя опыты надъ двигательными нервами, раздражалъ сначала нервъ на значительномъ

Digitized by Google

отдаленіи отъ мышцы и отмѣчалъ время, протекавшее между этими раздраженіями, которыми давался импульсъ движенію нервнаго тока, и появленіемъ судороги въ мышцѣ. Переходя затѣмъ къ ближайшей точкѣ отъ мышцы, онъ находилъ, что въ этомъ случаѣ движеніе въ мышцѣ обнаруживалось почти вслѣдъ за раздраженіемъ. Разность во времени, выведенная изъ этихъ двухъ послѣдовательныхъ опытовъ, опредѣляла собой продолжительность перемѣщенія нервнаго агента на извѣстномъ протяженіи нерва, а, слѣдовательно, и скорость его движенія. Скорость эта колеблется между 15—30 метрами въ секунду; она гораздо слабѣе у лягушки, чѣмъ у теплокровныхъ животныхъ.

Опыты Гельмгольца показываютъ далѣе, что не все время, которое протекаетъ между раздраженіемъ нерва и движеніемъ мышцы, идетъ на перемѣщеніе нервнаго агента, а что мышца, получивши импульсъ со стороны нервовъ, остается еще нѣкоторое время въ покоѣ. Это время Гельмгольцъ называетъ *потеряннымъ временемъ*. Возвращаясь къ нашему примѣру, можно сказать, что оно соотвѣтствуетъ продолжительности предварительныхъ работъ, между прибытіемъ писемъ и ихъ раздачею.

Рис. 10. Опредѣленіе скорости движенія нервнаго дѣятеля у человѣка. 1. Судорога, произведенная раздраженіемъ нерва на ближайшемъ разстояніи отъ мышцы. 2. Судорога при раздраженіи на разстояніи 30 сантиметровъ. D. Колебаніе діапазона въ 250, служащаго для измѣренія времени, соотвѣтствующаго промежутку между судорогами.

Digitized by Google

Физіологи внесли нѣкоторыя усовершенствованія въ опыты Гельмгольца. На рис. 10 изображены линіи, полученныя мною на самомъ себѣ относительно скорости нервнаго агента.

На одномъ и томъ же цилиндрѣ отмѣчаютъ послѣдовательно двѣ мышечныя судороги, заботясь о томъ, чтобы нервъ въ обоихъ случаяхъ былъ раздражаемъ въ двухъ различныхъ пунктахъ, но при томъ такъ, чтобы оба раздраженія происходили въ одинъ и тотъ же моментъ по-отношенію къ вращенію цилиндра, напр. въ то время, когда штифтикъ міографа проходитъ черезъ вертикальную линію, соотвѣтствующую началу линій 1 и 2.

Въ нашемъ опытѣ, линія 1 выражаетъ ту судорогу, которая произошла отъ раздраженія нерва на ближайшемъ разстояніи отъ мышцы, а линія 2 при раздраженіи нерва на разстояніи 30 сантиметровъ. Такъ какъ цилиндръ вращается, равномѣрно, то легко опредѣлить время, соотвѣтствующее пространству, которое раздѣляетъ другъ отъ друга обѣ судороги. Чтобы облегчить измѣреніе этого промежутка, начало судороги обозначаютъ вертикальными линіями. На рис. 10 промежутокъ этотъ равняется одной сотой секунды, въ теченіе которой нервный агентъ пробѣгаетъ пространство въ 30 сантиметровъ, что̀ составитъ скорость въ 30 метровъ въ секунду.

Чтобы измѣрить это время какъ можно точнѣе, употребляютъ способъ, изобрѣтенный Дюгамелемъ, т. е. отмѣчаютъ на цилиндрѣ колебанія діапазона, снабженнаго для этой цѣли чрезвычайно тонкимъ остріемъ, движущимся по тонкой бумагѣ. Я всегда прибѣгаю къ этому способу при моихъ опытахъ.

Какъ мы уже сказали, промежутокъ, раздѣляющій начало двухъ судорожныхъ движеній, равняется времени,

Digitized by Google

которое нервный токъ употребляетъ на то, чтобы пробѣжать пространство въ 30 сантиметровъ. Но есть еще другой моментъ, на который мы должны обратить вниманіе, а именно на время, которое обозначено пространствомъ между первою изъ трехъ вертикальныхъ линій, знаменующею начало раздраженія, и первою судорогою. Это и есть *потерянное время* Гельмгольца. Оно равняется въ нашемъ опытѣ болѣе чѣмъ одной сотой секунды.

Большинство ученыхъ того мнѣнія, что скорость нервнаго тока измѣняется подъ вліяніемъ извѣстныхъ условій, что напр. теплота увеличиваетъ эту скорость, тогда какъ холодъ и усталость уменьшаютъ ее. Я же, напротивъ, думаю, что колебанія скорости должны быть, почти исключительно, отнесены къ разряду тѣхъ еще совершенно неизвѣстныхъ явленій, которыя происходятъ въ мышцѣ впродолженіе *потерянnаго времени* Гельмгольца.

Какъ почтальоны, отъ усталости или отъ холода, производятъ иногда задержку въ раздачѣ писемъ, хотя поѣздъ пришелъ во́ время и съ обычной скоростью, также точно и мышца выполняетъ возбуждаемыя въ ней нервомъ движенія то быстрѣе, то медленнѣе, смотря по тому, утомлена ли она или нѣтъ, нагрѣта ли она, или охлаждена.

Ктому-же всѣ причины, вліяющія на моментъ проявленія судороги въ мышцѣ, видоизмѣняютъ также и скорость распространенія волны внутри ея, откуда слѣдуетъ, что мы имѣемъ здѣсь дѣло лишь съ условіями, ускоряющими или замедляющими химическія дѣйствія, лежащія въ основѣ всѣхъ этихъ явленій.

О сокращеніи мышцъ. Доселѣ мы раздражали нервъ длинь въ одинъ пріемъ и получали въ отвѣтъ одно движеніе: мышечную *судорогу*. Какъ ни непродолжительна эта судорога, она требуетъ все-таки опредѣленнаго вре-

Digitized by Google

мени, такъ что у человѣка обыкновенно необходимо около 8 или 10 секундъ, прежде чѣмъ процессъ укороченія мышцы закончится, а затѣмъ необходимо еще болѣе продолжительное время для того, чтобы мышца приняла свою нормальную длину. Каждый новый импульсъ со стороны нерва вызываетъ новую судорогу. Но если раздраженія нерва слѣдуютъ одинъ за другимъ дотого быстро, что мышца не успѣваетъ завершить одну судорогу, какъ является надобность въ другой, третьей и т. д., то наступаетъ совершенно особое явленіе: всѣ эти движенія, сливаясь и поглощая другъ друга, даютъ въ результатѣ постоянное укороченіе, которое длится все время, пока раздраженія нерва слѣдуютъ одни за другими черезъ короткіе промежутки времени.

Итакъ, судорога является лишь элементарнымъ актомъ мышечной дѣятельности. Она играетъ здѣсь до нѣкоторой степени ту же роль, какую играютъ звуковыя колебанія въ томъ сложномъ явленіи, которое мы называемъ тономъ. Всякій разъ, когда воля потребуетъ сокращенія мышцы, нервъ производитъ цѣлый рядъ судорогъ, настолько быстро слѣдующихъ другъ за другомъ, что первая еще не успѣетъ окончиться, какъ начинается другая и т. д. Такимъ образомъ всѣ эти основные акты, сливаясь и покрывая другъ друга, производятъ то, что мы называемъ мышечнымъ сокращеніемъ.

Уже Вольта, въ письмѣ къ Альдини, указывалъ на тотъ замѣчательный фактъ, что если у лягушки раздражать нервъ, послѣдовательно прикладывая къ нему два соприкасающихся разнородныхъ металла, то мышцы перестаютъ реагировать на каждое изъ этихъ соприкосновеній, а приходятъ въ состояніе непрерывнаго укороченія. Эд. Веберъ показалъ, что подобное же дѣйствіе оказываютъ и послѣдовательные индуктивные удары, и далъ

Digitized by Google

этому явленію названіе мышечнаго *столбняка*. Наконецъ, Гельмгольцъ замѣтилъ, что въ ткани мышцы, находящейся въ состояніи подобнаго укороченія, происходятъ колебанія, и что если приложить ухо къ ней, то можно явственно различить звукъ, сила котораго опредѣляется количествомъ электрическихъ возбужденій, получаемыхъ мышцей въ каждую секунду.

Мнѣ удалось, при помощи чрезвычайно чувствительнаго міографа, сдѣлать наглядными эти колебанія въ мышцахъ, подвергнутыхъ тетанизирующимъ электрическимъ ударамъ.

Рис. 11. Постепенное сліяніе судорогъ, вызванныхъ учащающимися повтореніемъ электрическихъ ударовъ.

Рис. 11 показываетъ намъ, какъ сліяніе судорогъ выражается укороченіемъ мышцы, постояннымъ на видъ, но на графическомъ изображеніи обнаруживающимъ слѣды вибрацій. Подобныя же вибраціи можно открыть и въ столбнякѣ, производимомъ введеніемъ стрихнина въ мышцу животнаго, или раздраженіемъ нерва теплотой или какимъ-нибудь химическимъ агентомъ.

Digitized by Google

Наконецъ, можно сказать, что произвольныя сокращенія суть ничто иное, какъ рядъ судорогъ, слившихся между собою, вслѣдствіе той быстроты, съ которою онѣ слѣдуютъ другъ за другомъ.

Дѣйствительно, давно уже извѣстно, что если приложить ухо къ мышцѣ, въ тотъ моментъ, когда она производитъ произвольное сокращеніе, то получается ощущеніе низкаго звука, тонъ котораго пытались опредѣлить многіе ученые. Уолластонъ, Гаутонъ и докторъ Коллони почти согласно показываютъ, что этотъ тонъ соотвѣтствуетъ 32—35 колебаніямъ въ секунду. Гельмгольцъ полагаетъ, что цифра 32 выражаетъ собою нормальный звукъ, издаваемый сокращающеюся мышцей, и, на основаніи своихъ опытовъ объ электрической тетанизаціи, онъ пришелъ къ тому заключенію, что эта цифра есть тотъ минимумъ, который необходимъ для того, чтобы мышца пришла въ состояніе кажущейся неподвижности, вызываемой тетанизаціей.

Если, при изученіи произвольныхъ мышечныхъ сокращеній, при помощи міографа не обнаруживается присутствія вибрацій, то въ этомъ нѣтъ ничего удивительнаго, такъ какъ сущность этого акта сокращенія заключается именно въ сліяніи судорогъ. Но уже одно существованіе звука, сопровождающаго сокращеніе мышцъ, достаточно ясно показываетъ, до какой степени сложно это явленіе.

Присовокупимъ еще одинъ фактъ, могущій служить подтвержденіемъ нашей теоріи. Если мышцу подвергнуть раздраженіямъ одинаковой интенсивности, то она укорачивается тѣмъ сильнѣе, чѣмъ чаще повторялись сокращенія. Такъ, сокращая съ большей или меньшей силой жевательныя мышцы, я могъ убѣдиться, что высота мышечнаго звука становилась тѣмъ больше, чѣмъ энергичнѣе были

Digitized by Google

наши усилія. Этимъ путемъ можно получить въ тонѣ мышечнаго звука всѣ измѣненія квинты.

Ниже мы увидимъ, что это явленіе еще болѣе усложняется, смотря по состоянію электричества въ сокращенной мышцѣ.

Резюмируя все сказанное, можно сказать, что при произвольныхъ сокращеніяхъ двигательные нервы составляютъ тотъ центръ, гдѣ совершаются послѣдовательные акты, производящіе возбужденіе мышцы. Послѣдняя, въ свою очередь, совершаетъ рядъ дѣйствій, изъ которыхъ каждое порождаетъ мышечную волну, производящую судорогу. *Упругость* мышечной ткани,—вотъ гдѣ надо искать главную причину сліянія многочисленныхъ судорогъ, которыя исчезаютъ, какъ исчезаютъ толчки поршня пожарнаго насоса благодаря упругости его воздушнаго резервуара.

О работѣ мышцъ. Разсмотрѣвъ, какъ развивается механическая сила, намъ остается измѣрить ее, т. е. перевести ее на килограмметры, принятые за единицу работы. Если привѣсить къ сухожилію сокращающейся мышцы какую-нибудь тяжесть, то можно получить величину работы, умножая вѣсъ тяжести на высоту, на которую ее поднимаетъ мышца.

Измѣреніе работы одушевленныхъ двигателей представляетъ большія трудности. Правда, мы иногда употребляемъ животную силу для поднятія извѣстной тяжести, но въ большинствѣ случаевъ дѣйствія, совершаемыя съ помощью такой силы, могутъ быть измѣрены лишь тогда, если мы дадимъ болѣе широкое опредѣленіе механической работѣ. Такъ, лошадь, тянущая барку, человѣкъ, обтесывающій доску, птица, ударяющая крыльями по воздуху, также совершаютъ извѣстную меха-

Digitized by Google

ческую работу, хотя и не поднимали никакой тяжести. Чтобы подвести всѣ подобные случаи подъ одно общее опредѣленіе, необходимо принять за выраженіе механической работы *силу, помноженную на пройденное пространство*. Эта сила можетъ быть сравниваема съ тяжестью, поднятіе которой требовало бы равнаго напряженія. Въ этомъ смыслѣ говорятъ, что давленіе или натягиваніе равняется 10, 20 киллограммамъ.

Если рабочій обтачиваетъ или полируетъ кусокъ металла и если для того, чтобы проникнуть инструментомъ въ металлъ, онъ долженъ употребить давленіе въ одинъ килограммъ, то для производства работы въ одинъ килограмметръ ему придется отдѣлить отъ металла стружку въ метръ длины. Лошадь, тянущая барку и употребляющая на это силу въ 20 килограммовъ, пробѣжавъ пространство въ тысячу метровъ, совершитъ работу въ 20000 киллограмметровъ.

Но и этого опредѣленія еще не достаточно, чтобы можно было подвести подъ него всѣ виды механической работы. Если, напр., нужно перемѣстить какую нибудь тяжесть, то сила, необходимая для того, чтобы произвести движеніе, будетъ различна, смотря по скорости, которая будетъ сообщена этой тяжести. Представьте себѣ камень, свободно привѣшенный къ концу длиной веревки; если въ теченіе нѣкотораго времени вы будете производить на него хотя-бы самое слабое давленіе, то онъ придетъ въ движеніе; но попробуйте ударить его кулакомъ со всего размаху, и вамъ еле еле удастся пошатнуть его. Это оттого, что работа, необходимая для перемѣщенія тяжестей, увеличивается пропорціонально квадрату сообщаемой ими скорости [1]).

[1]) Эта работа выражается формулою: $\frac{m. v^2}{2}$.

Digitized by Google

Если сила дѣйствуетъ на массу мгновенно, то она производитъ только толчекъ, который не въ состояніи сдвинуть эту массу. Но тотъ же толчекъ, произведенный при посредствѣ какого-нибудь эластическаго посредника, превращается въ актъ большей продолжительности, и хотя движеніе тутъ нисколько не увеличилось въ количествѣ, оно все-таки произведетъ извѣстную работу.

Эта эластичность играетъ роль и въ животной экономіи, давая возможность примѣнить къ дѣлу и то непродолжительное дѣйствіе, которое образуетъ мышечную волну. Образованіе волны, продолжающееся всего нѣсколько сотыхъ секунды, представляетъ собою моментъ наибольшаго напряженія (le temp d'application) каждаго элемента мышечной силы. Не будь этой эластичности мышечной ткани, каждая новая волна давала бы настоящій *толчекъ*, тогда какъ теперь всѣ эти порывистыя маленькія укороченія ведутъ къ постепенному наростанію напряженія, образующаго продолжительную силу мышцъ.

Каждый двигатель можетъ производить работу только при двухъ условіяхъ: когда онъ развиваетъ извѣстную силу, когда производитъ извѣстное движеніе. Такъ, мышца производитъ внѣшнюю работу только въ то время, пока она укорачивается. Но разъ укороченіе ея завершилось, работа прекращается, какова бы ни была та сила, которую она производитъ. Разъ тяжесть поднята, поддержка ея не можетъ быть разсматриваема какъ работа.

Но и тутъ, для поддержанія эластической силы мышцы, въ ней происходятъ тѣ же явленія, какъ и во время работы; волны смѣняютъ другъ друга въ короткіе промежутки времени, химическіе процессы выдѣляютъ теплоту. Но эта теплота, не имѣя возможности превратиться въ работу, остается внутри мышцы, вслѣдствіе

Digitized by Google

чего послѣдняя сильно согрѣвается. Наблюденія вполнѣ подтверждаютъ сказанное. Такъ, наблюденія показали, что при болѣзни, извѣстной подъ именемъ столбняка и выражающейся постояннымъ напряженіемъ мышцъ, теплота вырабатывается въ чрезвычайномъ количествѣ, такъ что температура тѣла повышается на нѣсколько градусовъ.

Digitized by Google

ГЛАВА VI.

Объ электричествѣ животныхъ.

Электричество развивается почти во всѣхъ органическихъ тканяхъ. — Электрическіе токи въ мышцахъ и нервахъ. — Удары электрическихъ рыбъ; прежнія теоріи; доказательство электрическаго характера этого явленія. — Аналогія между ударомъ электрическаго аппарата и мышечною судорогою. — Электрическій столбникъ.—Скорость нервнаго агента въ электрическихъ нервахъ электрическаго ската; продолжительность удара.

Въ большей части животныхъ или растительныхъ тканей происходятъ химическіе процессы, слѣдствіемъ которыхъ бываетъ непрерывное выдѣленіе электричества. Вотъ почему нервы и мышцы животныхъ являются мѣстомъ, гдѣ обнаруживается динамическое электричество. Матеучи открылъ направленіе, въ которомъ при нормальныхъ условіяхъ происходитъ движеніе мышечнаго тока, а Дюбуа Реймонъ еще дальше подвинулъ изслѣдованіе этого тока и опредѣлилъ его напряженіе и на-

Digitized by Google

правленіе для всѣхъ точекъ мышцы. Въ учебникахъ физіологіи вы найдете подробное изложеніе опытовъ о нервныхъ и мышечныхъ токахъ, которые одно время сильно занимали ученыхъ, надѣявшихся найти въ этихъ электрическихъ явленіяхъ непосредственную причину мышечныхъ и нервныхъ отправленій.

Съ точки зрѣнія теоріи превращенія силъ, изъ всѣхъ явленій мышечнаго электричества наибольшій интересъ представляетъ для насъ фактъ исчезновенія его въ тотъ моментъ, когда мышца сокращается или приходитъ въ тетаническое состояніе. Въ этихъ случаяхъ, химическіе процессы, происходящіе въ мышцѣ, повидимому, цѣликомъ идутъ на производство теплоты и движенія.

Чтобы имѣть возможность наблюдать это явленіе, необходимо употребить очень чувствительный гальванометръ. Предположимъ, что мышца приведена въ сообщеніе съ подобнымъ инструментомъ. Она передастъ ему свой токъ и отклонитъ магнитную стрѣлку на извѣстное число градусовъ. Когда отклоненіе прекратится и стрѣлка вполнѣ установится въ новомъ положеніи, достаточно вызвать въ мышцѣ столбнякъ, чтобы замѣтить, какъ стрѣлка снова начинаетъ приближаться къ нулю. Дюбуа Реймонъ называетъ это отклоненіе *отрицательнымъ колебаніемъ электрическаго тока*. То же явленіе замѣчается и при произвольномъ сокращеніи мышцъ.

Фактъ отрицательнаго колебанія имѣетъ очень важное значеніе для занимающаго насъ вопроса. Дюбуа Реймонъ замѣтилъ, что одиночная мышечная судорога не въ состояніи произвести отклоненія магнитной стрѣлки по направленію къ нулю, и заключилъ отсюда, что это явленіе зависитъ отъ слишкомъ малой продолжительности электрическихъ возмущеній, сопровождающихъ судорогу. Напротивъ, при столбнякѣ ряду быстро слѣдующихъ

Digitized by Google

судорогъ соотвѣтствуетъ рядъ измѣненій электрическаго состоянія мышцы, которыя, суммируясь, производятъ отклоненіе магнитной стрѣлки. Это явленіе хорошо знакомо физикамъ. Извѣстно, что стрѣлка гальванометра, на которую дѣйствуетъ частый и прерывистый токъ, принимаетъ положеніе, среднее между нулемъ и той крайней точкой, которую она заняла бы, еслибы токъ былъ постоянный.

Въ тѣхъ мышцахъ, которыя даютъ продолжительную судорогу, какъ напр. у черепахи, измѣненія въ электрическомъ состояніи продолжаются долго, и потому эти мышцы имѣютъ возможность произвести отклоненія магнитной стрѣлки при каждой судорогѣ. Тоже можно сказать и о движеніяхъ сердца; хотя каждое его сокращеніе, повидимому, есть не болѣе, какъ судорога сердечной мышцы, тѣмъ неменѣе оно вызываетъ отклоненіе магнитной стрѣлки, подобно тому, какъ это бываетъ при столбнякѣ обыкновенныхъ мышцъ. Этотъ фактъ, что отрицательное колебаніе обнаруживается и при произвольномъ сокращеніи мышцы, имѣетъ для насъ капитальное значеніе. Имъ какъ нельзя болѣе подтверждается теорія, что мышечное сокращеніе есть тотъ же столбнякъ, т. е. другими словами, представляетъ собою прерывистое или колебательное движеніе.

До сихъ поръ еще не рѣшенъ вопросъ о томъ, есть ли отрицательное отклоненіе—слѣдствіе перемѣны направленія мышечнаго тока, или же оно происходитъ отъ временнаго прекращенія этого тока. Послѣдняя гипотеза имѣетъ за себя гораздо больше вѣроятія, такъ какъ, несмотря на многочисленные опыты, никогда и никому не удалось замѣтить, чтобы магнитная стрѣлка гальванометра отклонялась по другую сторону нуля. Итакъ, явленіе отрицательнаго колебанія подтверждаетъ то, что мы замѣтили въ началѣ этого отдѣла, а именно, что про-

Digitized by Google

явленія силы въ мышцахъ различны, смотря по тому, находятся ли онѣ въ состояніи покоя или дѣятельности, и что проявленіе ея въ формѣ механической работы замѣняетъ собою проявленіе ея въ формѣ электричества.

Электрическія рыбы. Животное электричество гораздо рѣзче обнаруживается въ ударахъ, производимыхъ нѣкоторыми видами рыбъ. Хотя здѣсь существуютъ спеціальные органы, предназначенные для производства электричества, однако эти органы по своему строенію, химическому составу, зависимости отъ нервныхъ агентовъ, напоминаютъ собою условія мышечнаго аппарата.

Число видовъ, снабженныхъ электрическими аппаратами, которыхъ прежде насчитывали только пять *), значительно возросло съ тѣхъ поръ, какъ Робенъ показалъ, что всѣ виды рода ската имѣли электрическіе аппараты въ болѣе или менѣе зачаточномъ состояніи. Съ другой стороны, анализъ того страннаго явленія, которое называется „электрическимъ ударомъ", давалъ все болѣе и болѣе опредѣленные результаты, по мѣрѣ того, какъ физики сами лучше узнавали различныя свойства электрическаго агента.

Въ XVIII вѣкѣ объ электрическомъ скатѣ писалось слѣдующее: „если тронуть эту рыбу, то она выпускаетъ ядъ, который производитъ параличъ и онѣмѣніе руки рыбака". Въ прошломъ столѣтіи, Мушенброкъ замѣтилъ, что ядъ, выдѣляемый этой рыбой, есть ничто иное, какъ электричество. Въ 1778 г. Уэльшъ открылъ, что онѣмѣніе, производимое этимъ животнымъ, ничѣмъ не отличается отъ того состоянія, которое вызывается дѣйствіемъ

*) Пять видовъ прежде извѣстныхъ были: Raya torpedo, Gymnotus electricus, Silurus electricus, Tetraodon electricus и Trichiurus electricus.

Digitized by Google

электрической машины. Онъ доказалъ цѣлымъ рядомъ опытовъ, что эта рыба выдѣляетъ именно электричество. Онъ подвергнулъ ея удары ряду изслѣдованій, изъ которыхъ обнаружилось, что они дѣйствуютъ совершенно какъ электрическая машина. Такъ онъ замѣтилъ, что можно безопасно трогать животное чрезъ посредство дурныхъ проводниковъ электричества. Кромѣ того, онъ пропускалъ ея токъ черезъ цѣпь индивидуумовъ, державшихся за руки, и всѣ они испытывали то же непріятное сотрясеніе, которое получается отъ дѣйствія лейденской банки.

Много времени спустя, Деви получилъ, съ помощью тока электрическаго ската, отклоненіе гальванометра, намагничиваніе стальной иголки, помѣщенной въ латунную спираль, черезъ которую пропускался токъ, и, наконецъ, разложеніе подсоленной воды. Бекерель и Бретъ повторили эти опыты и замѣтили, что на проволокѣ гальванометра токъ движется въ направленіи отъ спины къ животу животнаго.

Существованіе искры у этихъ животныхъ стало извѣстнымъ позже: Линари и Матеучи получили ее, размыкая различными способами металлическую цѣпь, черезъ которую пропускали токъ электрическаго ската. Матеучи придумалъ для этого чрезвычайно остроумный способъ, въ которомъ главную роль играетъ напилокъ.

Подъ животомъ ската помѣщаютъ металлическую пластинку съ латунной проволокой, а на спину его кладутъ напилокъ, которымъ трутъ конецъ металлической проволоки. Если опытъ производится въ темнотѣ, то, раздражая животное, можно замѣтить, какъ между напилкомъ и латунною проволокою вспыхиваетъ одна или нѣсколько искръ. Надо полагать, что искра появляется въ тотъ случаѣ, когда размыканіе цѣпи совпадаетъ съ прохожденіемъ черезъ нее тока электрическаго ската. Те-

Digitized by Google

перь понятна роль напилка: вслѣдствіе тренія о латунную проволоку, онъ производитъ цѣлый рядъ замыканій и размыканій цѣпи, изъ которыхъ одно необходимо должно совпасть съ разряженіемъ электрическаго ската, какъ бы мала ни была продолжительность удара. Замѣтимъ мимоходомъ, что появленіе двухъ искръ ясно доказываетъ, что это разряженіе имѣетъ извѣстную продолжительность, которая можетъ быть измѣрена хоть бы временемъ нужнымъ для того, чтобы латунная проволока попадала на двѣ сосѣднія зарубки напилка. Моро удалось собрать это электричество въ конденсаторъ и измѣрить колебанія въ его напряженности съ помощью электроскопа съ золотыми листочками.

Мы видимъ такимъ образомъ, какъ постепенно шли наши знанія объ электрическихъ свойствахъ этихъ рыбъ и какъ въ этомъ отношеніи успѣхи физики одинъ за другимъ находили себѣ примѣненіе въ области физіологіи.

Но какъ бы то ни было, удары электрическаго ската, на сколько мы успѣли познакомиться съ ними изъ вышеприведенныхъ опытовъ, представляютъ характеръ смѣшаннаго явленія, въ которомъ дѣйствія, производимыя электрическими машинами, сочетаются съ дѣйствіями гальваническихъ элементовъ. Будущимъ изслѣдованіямъ предстоитъ опредѣлить, какое мѣсто должны занимать удары электрическихъ рыбъ въ ряду извѣстныхъ уже проявленій электричества.

Разсматриваемое съ физіологической точки зрѣнія, это явленіе получаетъ для насъ интересъ въ другомъ отношеніи; новѣйшія открытія стремятся сблизить отправленіе электрическихъ аппаратовъ съ отправленіями мышцъ. Сравнивая, напр., дѣйствія нервной системы на электрическіе аппараты нѣкоторыхъ рыбъ съ тѣми дѣйствія-

Digitized by Google

ми, которыя обнаруживаютъ нервы на мышцы, мы замѣчаемъ слѣдующія аналогіи.

Электрическіе удары, подобно мышечнымъ судорогамъ, могутъ быть произведены подъ вліяніемъ воли животнаго; съ другой стороны они могутъ тоже представлять характеръ отраженныхъ явленій. Раздраженіе электрическаго нерва вызываетъ разряженіе подобно тому, какъ двигательный нервъ вызываетъ судорогу въ мышцѣ; перерѣзывая нервы, мы производимъ полный параличъ электрическаго аппарата, также точно, какъ это бываетъ и съ мышцей, когда уничтожено ея сообщеніе съ нервомъ. Подобный же параличъ можетъ быть вызванъ *кураре*, хотя этотъ ядъ, какъ кажется, дѣйствуетъ на электрическіе нервы гораздо медленнѣе, чѣмъ на бо́льшую часть двигательныхъ нервовъ. Наконецъ, столбнякъ электрическаго аппарата, по удачному выраженію А. Моро, развивается нетолько въ томъ случаѣ, когда электрическій нервъ подвергается ряду слѣдующихъ другъ за другомъ возбужденій, но также и отъ отравленія животнаго стрихниномъ или другимъ какимъ-нибудь тетанизирующимъ веществомъ.

Было весьма естественно сравнивать различныя клѣточки и пластинки электрическаго аппарата рыбъ съ составными частями гальванической баттареи и изслѣдовать, съ этой точки зрѣнія, какъ велика электродвигательная сила въ каждомъ изъ этихъ маленькихъ элементовъ и какъ велико напряженіе, вытекающее изъ сочетанія ихъ. Вотъ результаты, полученные въ этомъ отношеніи Матеучи.

Частички электрическаго аппарата ската, приведенныя въ соприкосновеніе съ подушечками гальванометра, порождаютъ токъ, идущій въ одинаковомъ направленіи съ токомъ цѣлаго аппарата. Чѣмъ больше взятая нами часть,

Digitized by Google

чѣмъ, слѣдовательно, многочисленнѣе элементы этой животной баттареи, тѣмъ значительнѣе отклоненіе стрѣлки гальванометра въ минуту удара. Такой ударъ можно вызвать, раздражая нервную нить, соотвѣтствующую небольшой части электрическаго аппарата, помѣщенной на подушкѣ гальваномерта. Во всемъ этомъ, какъ мы видимъ, аналогія электрическаго аппарата съ баттареей полная; особенно съ точки зрѣнія развитія напряженія, возрастающаго съ увеличеніемъ числа употребляемыхъ въ дѣлѣ элементовъ. Эта аналогія подтверждается относительно всѣхъ видовъ электрическихъ рыбъ, если сравнивать напряженности токовъ, получаемыхъ въ различныхъ пунктахъ аппарата. У электрическаго ската удары достигаютъ наибольшей силы, если притронуться къ обѣимъ поверхностямъ аппарата съ внутренней стороны, т. е. въ томъ мѣстѣ, гдѣ онъ имѣетъ наибольшую толщину и содержитъ, слѣдовательно, наибольшее число наложенныхъ другъ на друга кружковъ. У электрическаго угря, у котораго электрическія призмы чрезвычайно велики, вслѣдствіе бо́льшаго объема ихъ и бо́льшаго числа элементовъ, ударъ бываетъ еще сильнѣе: онъ пропорціоналенъ пространству, заключенному между двумя пунктами, которые получаютъ сотрясеніе. Тоже самое замѣчается и у сома; сотрясеніе бываетъ тѣмъ сильнѣе, чѣмъ болѣе удалены другъ отъ друга тѣ части, къ которымъ прикасаются.

Наконецъ, даже на одной и той же поверхности электрическаго аппарата у ската можно вызвать ударъ, если прикасаться къ несимметрическимъ точкамъ его, т. е. къ такимъ мѣстамъ, гдѣ число элементовъ баттареи не одинаково, вслѣдствіе различной длины призмъ, составляющихъ аппаратъ. Такимъ образомъ, несмотря на то, что полярность на одной и той же поверхности аппарата вездѣ одинакова, уже одна неравномѣрность электри-

Digitized by Google

ческаго напряженія въ различныхъ пунктахъ этой поверхности достаточна для того, чтобы породить токъ и опредѣлить его направленіе.

Что касается до происхожденія электрической силы, то въ настоящее время врядъ-ли кому придетъ въ голову видѣть въ ней что-либо иное, какъ не результатъ химическихъ дѣйствій, происходящихъ внутри аппарата.

Но прежде чѣмъ это мнѣніе установилось въ наукѣ, физіологи построили массу гипотезъ относительно источника животнаго электричества. Такъ, когда Дюбуа Реймонъ показалъ, что нервная ткань обладаетъ довольно большою электродвигательною силою и что въ живыхъ нервахъ существуетъ токъ съ постояннымъ направленіемъ многіе пришли къ тому заключенію, что большіе нервные стволы, идущіе къ электрическому аппарату рыбы, приносятъ съ собою электричество, подобно тому, какъ сосуды несутъ кровь въ органы. Матеучи доказалъ, что въ мозгу у ската существуетъ очень большая доля, гдѣ берутъ начало нервы электрическаго аппарата. Онъ показалъ, что уничтоженіе остальной части мозга нисколько не препятствуетъ животному производить произвольные или рефлективные удары, но что не [illegible]ваетъ, если разрушить эту долю, названную [illegible]дствіе этого электрическою долею ската.

У умирающаго животнаго, не дававшаго больше произвольныхъ ударовъ, достаточно было, по словамъ Матеучи, прикоснуться къ электрической долѣ, чтобы получить болѣе сильные разряженія, чѣмъ тѣ, которые животное давало произвольно, въ пору полной своей дѣятельности.

Но было бы несправедливо приписывать Матеучи нелѣпое положеніе, что электричество образуется въ мозгу электрическаго ската и оттуда разносится его нервами.

Digitized by Google

Это равносильно тому, какъ еслибы кто сказалъ, что двигательная сила зарождается въ мозгу и передается мышцамъ при посредствѣ двигательныхъ нервовъ. Электричество ската вырабатывается въ спеціальномъ аппаратѣ совершенно такъ же, какъ механическая работа вырабатывается въ мышцѣ. Въ явленіяхъ электричества или движенія двигательные и электрическіе нервы играютъ лишь роль передатчиковъ побужденій, посылаемыхъ мозгомъ. Но электричество, идущее по этимъ нервамъ, не имѣетъ ничего общаго съ тѣмъ, которое проявляется съ такою энергіею въ разряженіи электрическаго аппарата. Смѣшать эти два электричества, говоритъ самъ Матеучи, значило бы все равно, что смѣшать дѣйствіе пороха въ пушкѣ—съ затравочнымъ порохомъ, производящимъ взрывъ.

Такимъ образомъ, наиболѣе вѣроятной теоріей оказывается та, которая уподобляетъ электрическіе нервы—двигательнымъ, разряженіе—мышечной судорогѣ, а послѣдовательный рядъ разряженій—столбняку.

Чтобы провѣрить справедливость этой теоріи, я старался изслѣдовать *), вопервыхъ, дѣйствительно ли нервы электрическаго ската передаютъ велѣнія воли съ тою быстротою, какъ и двигательные нервы; вовторыхъ, реагируетъ ли электрическій аппаратъ тотчасъ же на переданное ему нервами возбужденіе или, подобно мышцѣ, онъ нѣсколько мгновеній остается безъ движенія *(потерянное время)*, и, наконецъ, втретьихъ, обладаютъ ли удары электрическаго ската, въ противоположность разряженіямъ электрическихъ машинъ, извѣстною продолжительностью, которую можно бы было измѣрить, подобно продолжительности мышечной судороги.

*) См. подробности объ этихъ опытахъ въ Journal de l'anatomie et de la physiologie 1872.

Digitized by Google

Мы видѣли, что теплота, холодъ, перевязка артерій, дѣйствіе извѣстныхъ ядовъ видоизмѣняютъ продолжительность и форму мышечной судороги. Еслибы оказалось, что удары электрическаго ската, относительно замедленія, продолжительности и переходныхъ фазъ, вполнѣ соотвѣтствуютъ мышечной судорогѣ; еслибы было выяснено, что какъ съ одной, такъ и съ другой стороны одни и тѣже вліянія производятъ одни и тѣ же дѣйствія, то мы были бы вправѣ приравнять электрическія явленія къ явленіямъ движенія: физіологія одного явленія уяснила бы во многихъ отношеніяхъ физіологію другаго.

Пребываніе въ Неаполѣ, въ теченіе нѣсколькихъ недѣль, дало мнѣ возможность заняться изслѣдованіемъ этихъ фактовъ и привело меня къ результатамъ, правда далеко еще не совершеннымъ, но дающимъ основаніе для большаго сближенія дѣйствій электричества съ дѣйствіями мышцъ. Результаты эти слѣдующіе:

1) Быстрота нервнаго тока въ электрическихъ нервахъ у ската почти такая же, какъ и быстрота тока въ двигательныхъ нервахъ лягушки.

2) Явленіе, названное Гельмгольцемъ *потеряннымъ временемъ*, существуетъ и въ электрическомъ аппаратѣ и длится тамъ почти столько же времени, какъ и въ мышцѣ.

3) Разряженіе электрическаго ската происходитъ не мгновенно, какъ то имѣетъ мѣсто въ электрическихъ машинахъ, но продолжается около 14 сотыхъ секунды, что равняется приблизительно продолжительности судороги въ мышцахъ лягушки.

Я не буду входить здѣсь въ подробности опытовъ, давшихъ эти результаты, а попытаюсь лишь въ нѣсколькихъ строкахъ объяснить тотъ методъ, которому я слѣдовалъ.

Пишущіе аппараты измѣряютъ самые незначительные

Digitized by Google

промежутки времени; мы видѣли это при опредѣленіи скорости нервнаго тока. Но при употребленіи графическаго метода необходимо, чтобы движеніе выразилось какимъ-нибудь знакомъ. Такъ въ опытѣ Гельмгольца мышечная судорога сама заявляла, что приказъ движенія, принесенный нервами, полученъ по назначенію.

Чтобы получить такой же сигналъ отъ электрическаго удара, я пользовался имъ для раздраженія мышцы лягушки, которая отмѣчала свою судорогу на цилиндрѣ пишущаго аппарата. Правда, черта, проводимая *сигнальной мышцей лягушки*, запаздываетъ на все то время, которое необходимо для производства раздраженія; но это время есть величина извѣстная, такъ что легко свести его со счета.

Вотъ какимъ образомъ нужно поступать при измѣреніи, съ помощью обыкновеннаго міографа, продолжительности различныхъ актовъ, предшествующихъ удару электрическаго ската.

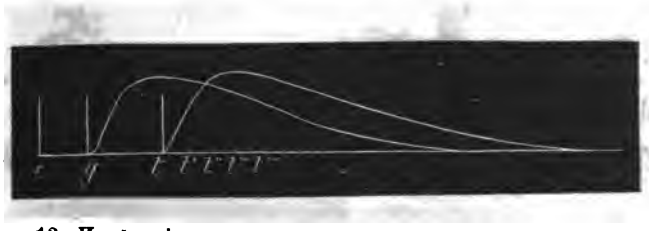


Рис. 12. Измѣреніе времени, протекающаго между раздраженіемъ электрическаго нерва и разряженіемъ электрическаго ската.

Въ первомъ опытѣ (рис. 12) нервъ лягушки раздражаютъ непосредственно и опредѣляютъ время e. g, протекающее между моментами e, когда произведено раздраженіе, и сигналомъ g, даннымъ лягушкою. Во второмъ опытѣ раздражаютъ электрическій скатъ (все въ тотъ же

Digitized by Google

моментъ e) и собираютъ разряженное электричество посредствомъ проволокъ, проводящихъ его къ нерву сигнальной мышцы. Послѣдняя даетъ судорогу въ точкѣ t.

Разность gt выражаетъ собою время, потраченное электрическимъ скатомъ между моментомъ раздраженія его нерва и ударомъ. Видоизмѣняя этотъ опытъ различнымъ образомъ, какъ мы это сдѣлали относительно двигательныхъ нервовъ (стр. 26), можно получить скорость тока электрическихъ нервовъ, а также величину *потеряннаго времени* въ аппаратѣ электрическаго ската*).

Наконецъ, чтобы измѣрить продолжительность электрическаго акта, я собиралъ электрическія разряженія, которыя посылалъ въ сигнальную мышцу, въ продолженіе очень короткаго времени (0,01 секунды), и варіировалъ постепенно моменты собиранія электричества изъ электрическаго ската. При этомъ я замѣтилъ, что, начиная съ точки t, можно въ продолженіе 14 сотыхъ секунды получить цѣлый рядъ сигналовъ, t', t'', t''', t'''', но что по прошествіи этого времени лягушка не производитъ больше движеній, что указываетъ на истощеніе заряда.

Я не могъ продолжать далѣе сравненіе электрическаго акта съ мышечнымъ, но, на основаніи результатовъ, уже добытыхъ опытомъ, можно предвидѣть, что будутъ открыты еще новыя аналогіи между двумя проявленіями силы въ животныхъ: механической работой и электричествомъ.

---

*) Не имѣя подъ руками подходящихъ аппаратовъ, мнѣ пришлось самому построить родъ пишущаго прибора, который измѣрялъ бы короткіе промежутки времени съ возможно большею точностью. Отсылаю читателя къ Journal de l'anatomie et de la physiologie, loc. cit, гдѣ изложены эти опыты. Рис. 12 изображаетъ линіи, полученныя съ помощью общепринятыхъ пишущихъ приборовъ.

Digitized by Google

ГЛАВА VII.

МЕХАНИЗМЪ ЖИВОТНАГО ОРГАНИЗМА.

Формы механической работы. — Устройство машины должно быть приспособлено къ формѣ работы, которая отъ нея требуется. — Отношеніе между формой мышцы и формой работы, которую она исполняетъ. — Теорія Борелли. — Специфическая сила мышцъ. — Приводы; они измѣняютъ только видъ работы, но не увеличиваютъ ея количества. — Необходимость смѣнъ въ движеніяхъ живыхъ двигателей. — Рабочая сила одушевленныхъ двигателей.

Если мы такъ долго останавливались на происхожденіи теплоты, механической работы и электричества въ животномъ царствѣ, то это потому, что мы желали прочно установить положеніе, что силы эти тѣ же, какія дѣйствуютъ и въ мірѣ неорганическомъ. Первыхъ наблюдателей весьма естественно должна была поразить нѣкоторая кажущаяся здѣсь разница; но, благодаря успѣхамъ науки, это тожество между проявленіемъ силъ въ обоихъ царствахъ природы не подлежитъ болѣе сомнѣнію, и отрицать его могутъ лишь люди, чей умъ не въ силахъ сбросить съ себя оковы отжившихъ мнѣній.

Digitized by Google

Механическая сила, которой мы исключительно займемся въ настоящей главѣ, изучена лишь въ своихъ зачаткахъ. Мы должны прослѣдить ее въ ея примѣненіяхъ къ различнаго рода работамъ, которыя она совершаетъ въ животномъ механизмѣ.

Во всякой машинѣ, употребляемой въ промышленности, необходимо должны существовать извѣстные *органы*, назначеніе которыхъ—служить посредниками между данной силой и тѣми препятствіями, которыя желаютъ преодолѣть съ ея помощью. Слово „органы" имѣетъ въ настоящемъ случаѣ тотъ же смыслъ, какой придаютъ ему анатомы, для обозначенія тѣхъ частей, изъ которыхъ слагается животный механизмъ. Законы механики примѣняются къ одушевленному двигателю такъ же какъ и ко всякой другой машинѣ. Эту истину такъ долго не признавали, что мы сочли необходимымъ доказать ее.

Формы механической работы. Когда извѣстное количество силы находится въ нашемъ распоряженіи, то, чтобы извлечь изъ нея пользу, необходимо поставить ее въ такія условія, которыя могли бы видоизмѣняться сообразно характеру тѣхъ дѣйствій, какія желательно произвести.

Мы видѣли, что величиною работы принято считать произведеніе изъ сопротивленія на пройденное пространство. Подобная величина, являющаяся произведеніемъ двухъ множителей, можетъ быть постоянною лишь въ томъ случаѣ, когда оба множителя измѣняются въ обратномъ отношеніи другъ къ другу. Такъ большая тяжесть, поднятая на незначительную высоту, даетъ ту же сумму работы, какъ и незначительная тяжесть, поднятая на большую высоту.

Въ данномъ случаѣ мы имѣемъ только двѣ различ-

Digitized by Google

ныя формы одного и того же количества работы; но дѣло въ томъ, что и самая форма работы имѣетъ огромное значеніе. Дѣйствительно, для того, чтобы двигательная работа могла быть утилизирована, необходимо, чтобы ея форма вполнѣ соотвѣтствовала формѣ той противодѣйствующей работы, которую ей придется преодолѣвать.

Если двигательной силой является поршень паровой машины съ широкимъ сѣченіемъ и незначительной длиной, могущій поднять 100 килограммовъ на одинъ сантиметръ высоты, (что̀ равняется одному килограмметру), и если требуется съ помощью этого производителя силы поднять килограммъ на высоту одного метра (что́ въ свою очередь также равняется килограмметру работы), то прямое и непосредственное примѣненіе къ дѣлу двигательной силы этой машины окажется безполезнымъ, потому что въ концѣ одного удара поршня тяжесть въ одинъ килограммъ будетъ поднята только на одинъ сантиметръ, и, такимъ образомъ, цѣлыхъ 99 сотыхъ наличной силы пропадутъ задаромъ.

Поэтому, всякая машина должна быть построена сообразно той спеціальной формѣ работы, сопротивленіе которой ей предстоитъ преодолѣть.

Правда, съ помощью извѣстныхъ приспособленій: рычаговъ или воротовъ, надлежащимъ образомъ комбинированныхъ, можно перевести извѣстное количество работы изъ одной формы въ другую и такимъ образомъ поставить ее въ соотвѣтствіе съ тѣмъ сопротивленіемъ, которое будетъ ей противопоставлено; но объ этихъ такъ-называемыхъ приводахъ рѣчь еще впереди. Здѣсь же намъ предстоитъ разсмотрѣть тѣ случаи, когда сила непосредственно прилагается къ препятствію, случаи, которые

Digitized by Google

особенно часто встрѣчаются въ одушевленныхъ двигателяхъ.

Возвратимся же къ нашему предположенію о поршнѣ, двигательная сила котораго непосредственно прилагается къ преодолѣнію препятствія. Въ этомъ случаѣ, задача строителя машины должна заключаться, вопервыхъ, въ томъ, чтобы дать поверхности поршня такую величину, при которой давленіе на нее было бы вполнѣ равно сопротивленію, которое она должна будетъ преодолѣть, и, вовторыхъ, въ томъ, чтобы длина цилиндра позволяла поршню проходить пространство, которое должно пройти сопротивленіе. Только при этомъ условіи машина можетъ произвести полезную работу и пустить въ оборотъ всю свою двигательную силу.

Напротивъ, въ томъ случаѣ, когда одинъ килограмметръ работы долженъ быть выполненъ въ формѣ поднятія ста килограммовъ на одинъ сантиметръ высоты, цилиндру слѣдуетъ дать такую ширину, чтобы давленіе пара на поверхность поршня производило силу въ 100 килограммовъ, а длина его должна быть такова, чтобы путь, проходимый поршнемъ, не превосходилъ бы одного сантиметра.

Нѣтъ никакой возможности замѣнить эти двѣ формы цилиндра одна другою; въ первомъ случаѣ сила будетъ недостаточна, во второмъ — пространство, проходимое поршнемъ, будетъ слишкомъ ничтожно.

Только одна величина остается одинаковою въ той и въ другой формѣ, — это сумма работы, доставляемой обѣими машинами, или, другими словами, произведеніе силы на пройденное пространство, или, что тоже, произведеніе поверхности сѣченія цилиндра на длину его, или, наконецъ, объемъ пара, заключающагося въ каждомъ аппаратѣ, предполагая, что его упругость одна и та же.

Digitized by Google

Эта пропорціональность объема вещества, производящаго работу, къ произведенной работѣ имѣетъ мѣсто во всѣхъ случаяхъ, гдѣ проявляется двигательная сила.

Два куска свинцу, падающіе съ одной и той же высоты, производятъ работу, пропорціональную ихъ объему, или, что то же самое, ихъ вѣсу. Двѣ каучуковыя нитки, одинаковой длины и испытывающія одинаковое растяженіе, совершаютъ работу, пропорціональную ихъ поперечному разрѣзу, и, слѣдовательно, пропорціональную и ихъ относительному вѣсу. Наконецъ, двѣ нитки того же діаметра, но различной длины, подвергнутыя растяженію, пропорціональному ихъ длинѣ, возвращаясь въ прежнее состояніе, произведутъ работу, пропорціональную ихъ относительной длинѣ, т. е., опять-таки пропорціональную ихъ относительному вѣсу.

Все это приводитъ насъ къ мышцамъ, которыя строго подчиняются тѣмъ общимъ законамъ, о которыхъ мы сейчасъ говорили. Чѣмъ толще мышца, т. е., чѣмъ больше ея сѣченіе, тѣмъ на большее усиліе она способна. Но, съ другой стороны, укороченіе мышцы происходитъ въ извѣстномъ отношеніи къ ея длинѣ. Вообще можно принять, что среднимъ числомъ укороченіе мышцы при сокращеніи, если она не отрѣзана отъ животнаго, равняется одной трети ея обыкновенной длины. Отсюда слѣдуетъ, что работа, производимая мышцей, пропорціональна въ одно и то же время и ея длинѣ, и ея сѣченію, другими словами, пропорціональна ея объему или вѣсу.

На этомъ основаніи, зная анатомическій характеръ мышцы, можно опредѣлить, какова ея сила сравнительно съ силою другихъ мышцъ того же животнаго, а также и то, въ какой формѣ она производитъ свою работу. Мышечное вещество, т. е. красное мясо, имѣетъ почти

Digitized by Google

одну и ту же плотность въ различныхъ своихъ частяхъ, вслѣдствіе чего взвѣшиваніе является однимъ изъ наиболѣе точныхъ и цѣлесообразныхъ средствъ для опредѣленія относительнаго значенія двухъ мышечныхъ массъ и вычисленія количества работы, какое онѣ могутъ дать.

Что касается до формы, которую принимаетъ мышечная работа, то ее не трудно опредѣлить на основаніи формы мышцы. Если она толста и коротка, она даетъ намъ большое усиліе, на незначительномъ пространствѣ; если она длинна и тонка, она опишетъ большое пространство, но разовьетъ очень мало силы.

Можно привести массу примѣровъ въ подтвержденіе этого закона, управляющаго движеніемъ мышцъ. Грудино-сосковая мышца, портняжная, большая прямая брюха, все это мышцы съ весьма обширнымъ движеніемъ и, вслѣдствіе этого, снабжены мясистой частью весьма значительной длины. Большая грудная мышца, большая ягодичная, височная, принадлежатъ, напротивъ, къ числу короткихъ и толстыхъ мышцъ, т. е. способны произвести большое усиліе и лишь незначительное укороченіе.

Эти анатомическіе законы мышечной силы были извѣстны уже Борелли, и, не имѣя еще понятія о работѣ, которое не было усвоено въ то время въ механикѣ, онъ однакоже понялъ вполнѣ ясно различіе между двумя противоположными дѣйствіями мышцы, смотря потому, преобладаетъ ли въ ней масса или протяженіе. Но такъ какъ умъ не можетъ успокоиться, не создавъ теоріи для объясненія извѣстныхъ фактовъ, то Борелли и старался объяснить эту разницу особеннымъ устройствомъ мышцъ.

Представьте себѣ, говорилъ онъ, металлическую цѣпь, которая состоитъ изъ круглыхъ эластическихъ колецъ и которую растягиваютъ. Каждое кольцо приметъ, вслѣд-

Digitized by Google

ствіе этого, овальную форму; вся цѣпочка удлинится пропорціонально числу составныхъ ея колецъ, т. е. пропорціонально длинѣ. Возвращаясь, въ силу своей упругости, въ прежнее состояніе, она укоротится опять-таки пропорціонально своей длинѣ. Цѣпочка Борелли есть ничто иное, какъ первичное волокно, открываемое микроскопомъ во всѣхъ произвольныхъ мышцахъ.

Но, продолжаетъ Борелли, если мы возьмемъ цѣлую связку подобныхъ цѣпочекъ, то каждая изъ нихъ будетъ оказывать извѣстное сопротивленіе растяженію, вслѣдствіе эластичности своихъ колецъ; сопротивленіе всей системы будетъ пропорціонально числу цѣпочекъ, т. е. толщинѣ связки, и въ такомъ же отношеніи къ ней будетъ находиться сила, съ которой связка возвращается въ первоначальное состояніе.

Нельзя разсуждать основательнѣе и теперь, когда гистологія показала, что мышца есть пучекъ волоконъ, дѣйствія которыхъ суммируются, какъ и дѣйствія цѣпочекъ неаполитанскаго профессора. Переходя къ дальнѣйшимъ разсужденіямъ, нашъ авторъ объясняетъ вліяніе направленія волоконъ на ту силу, которую онѣ вырабатываютъ. Онъ заключаетъ, что мышцы, волокна которыхъ соединяются на сухожиліи въ косвенномъ направленіи, подобно бородкѣ пера на центральной жилкѣ, не производятъ ни усилій, ни движенія, пропорціональнаго ихъ длинѣ и сѣченію. И тутъ намъ нечего прибавлять къ этому объясненію сочетанія силы въ мышечномъ аппаратѣ.

Специфическая сила мышцъ. Въ машинахъ, устраиваемыхъ человѣкомъ, недостаточно вычислять продольный и поперечный размѣры цилиндра, чтобы опредѣлить, какое количество работы способенъ произвести каждый ударъ поршня; необходимо еще знать, подъ какимъ дав-

Digitized by Google

леніемъ дѣйствуетъ паръ. Это опредѣляется числомъ атмосферъ, которыя онъ въ состояніи приподнять, когда улетучивается. Иной разъ, сила пара опредѣляется количествомъ килограммовъ давленія, которое онъ производитъ на каждый квадратный сантиметръ поверхности цилиндра. Во всякомъ случаѣ, это ничто иное, какъ опредѣленіе специфической силы пара извѣстнаго объема. Точно также въ гидравлическихъ двигателяхъ необходимо знать вѣсъ воды или ея давленіе, чтобы опредѣлить работу, которую можетъ произвести машина.

Физіологи, въ свою очередь, также пытались опредѣлить специфическую силу мышечной ткани у различныхъ животныхъ и найти, какой единицѣ поперечнаго сѣченія соотвѣтствуетъ извѣстное усиліе, производимое мышцей. Такимъ образомъ, Е. Веберъ опредѣлилъ, что мышца лягушки даетъ силу въ 692 грамма на каждый квадратный сантиметръ сѣченія; человѣческая мышца, по вычисленіямъ Костера, даетъ 1087 граммовъ. У птицъ, мышечная сила равняется, приблизительно, 1200 грам. (Марэ); у насѣкомыхъ она еще больше (Плато).

По мнѣнію Страуса Дюркгейма, мышца рогача, вѣсомъ въ 20 сантиграммовъ, можетъ поднять, принимая во вниманіе моменты силы и сопротивленія, вѣсъ въ 7 килограммовъ.

Въ виду этого, одушевленные двигатели могутъ быть сравниваемы съ машинами, работающими при измѣняющемся давленіи. О лягушкѣ можно сказать, что она работаетъ при давленіи меньшемъ, чѣмъ одна атмосфера, о человѣкѣ же,—что онъ производитъ работу подъ давленіемъ большимъ, чѣмъ одна атмосфера. У птицъ это давленіе значительно больше; у насѣкомыхъ оно еще больше.

Digitized by Google

О приводахъ. Когда механическая сила не можетъ быть непосредственно приложена къ производству работы, вслѣдствіе того, что она не соотвѣтствуетъ формѣ работы, которую она должна выполнить, промышленность употребляетъ различнаго рода средства, чтобы видоизмѣнить эту силу. Съ этою цѣлью употребляются обыкновенно машины, извѣстныя подъ именемъ рычаговъ и колесъ.

Въ животномъ организмѣ тоже существуютъ машины, видоизмѣняющія мышечную работу. Природа почти исключительно употребляетъ для этой цѣли рычагъ. Расположеніе костяныхъ рычаговъ слишкомъ извѣстно, чтобы намъ нужно было останавливаться на нихъ; но существуетъ одно заблужденіе, чрезвычайно распространенное даже между физіологами, котораго мы не можемъ пройти молчаніемъ.

Почти всѣ рычаги, находящіеся въ организмѣ, принадлежатъ къ третьему роду, т. е. мышечная сила приложена къ нимъ между точкою опоры и точкою сопротивленія. При такихъ условіяхъ сила, развивающаяся на той оконечности рычага, на которой дѣйствуетъ сопротивленіе, бываетъ обыкновенно меньше дѣйствительной силы мышцы; но зато, съ другой стороны, въ той же мѣрѣ увеличивается пространство, пробѣгаемое этою оконечностью рычага, такъ что произведеніе силы на пространство, другими словами, работа, остается одна и та же.

Но во многихъ ученыхъ сочиненіяхъ мы встрѣчаемъ нѣчто вродѣ обвиненія природы въ томъ, что она непроизводительно тратитъ значительную часть нашей мышечной силы, заставляя ее дѣйствовать на неудобный рычагъ. Правда, что въ видахъ смягченія этой ошибки ученые готовы допустить, что это расположеніе, невы-

Digitized by Google

годное съ экономической точки зрѣнія, даетъ нашимъ мышцамъ тотъ изящный видъ, котораго онѣ не имѣли бы, еслибы напр. между грудной костью и кистью руки тянулась длинная мышечная тесьма. Но всѣ эти механическія и эстетическія соображенія должны исчезнуть и дать мѣсто болѣе здравымъ понятіямъ. Нужно прежде всего запомнить, что мышца даетъ работу, пропорціональную своему объему или вѣсу, независимо отъ величины рычага, на который она дѣйствуетъ. Значеніе рычага заключается лишь въ томъ, чтобы регулировать форму, которую должна принять работа, ничего къ ней не прибавляя и не убавляя.

Подобное же заблужденіе обнаруживается часто при опредѣленіи значенія рычага, употребляемаго человѣкомъ для своихъ работъ. Нерѣдко случается, что человѣческая сила не въ состояніи поднять извѣстную тяжесть; въ этихъ случаяхъ прибѣгаютъ къ рычагу перваго или втораго рода, гдѣ плечо, на которое дѣйствуетъ сила, значительно длиннѣе того, на которое дѣйствуетъ сопротивленіе.

Такимъ образомъ, утилизируется двигательная сила, которая не могла бы произвести внѣшней работы, еслибы ее непосредственно приложили къ сопротивленію, которое нужно преодолѣть. Но рычагъ, увеличивая употребляемую силу, во столько же разъ уменьшаетъ пройденное пространство; онъ ничего не прибавляетъ къ работѣ, совершаемой двигателемъ.

Прежде чѣмъ понятіе о работѣ было введено въ механику, и прежде чѣмъ невозможность увеличить приводомъ сумму работы стала ясной, люди создали не мало ложныхъ представленій о значеніи простыхъ машинъ въ извѣстныхъ случаяхъ. Гигантскія каменныя массы, называемыя египетскими пирамидами, огромные камни,

Digitized by Google

воздвигнутые нашими предками въ доисторическія времена подъ именемъ *дольменовъ*, заставляли предполагать у исполнителей этихъ титаническихъ работъ глубокія познанія въ механикѣ. Дѣйствительно, въ наше время потребовалось бы не мало времени и не мало рукъ, чтобы привести въ исполненіе такія работы, употребляя только человѣческую или животную силу.

Не слѣдуетъ однако думать, что старая Галлія и древній Египетъ могли избѣгнуть необходимости употреблять много времени и много людей на эти постройки, такъ какъ ихъ механическая работа могла быть произведена только одушевленными двигателями.

Нашъ вѣкъ поставленъ въ гораздо болѣе благопріятныя условія, благодаря изобрѣтенію машинъ, развивающихъ механическую работу. Къ давно извѣстнымъ естественнымъ двигателямъ: теченію воды и вѣтру, человѣку удалось присоединить паровыхъ двигателей, благодаря которымъ небольшое количество угля замѣняетъ работу большаго числа животныхъ. Съ помощью этихъ то средствъ было произведено въ нѣсколько лѣтъ прорытіе Суэзскаго канала, предпріятіе, которое 4000 лѣтъ тому назадъ поглотило бы усилія нѣсколькихъ поколѣній.

Необходимость смѣняющихся движеній. Какъ поршень паровой машины, завершивши свое движеніе, можетъ начать новую работу, только вернувшись назадъ въ противоположномъ направленіи и освободившись отъ пара, его толкавшаго, такъ и мышца, разъ сократившись, можетъ произвести новую работу, лишь пришедши въ свое нормальное состояніе. Механики замѣтили, что результатомъ этихъ перемѣнныхъ движеній является потеря работы. Въ самомъ дѣлѣ, для того, чтобы заставить какую-нибудь брошенную тяжесть вернуться

Digitized by Google

назадъ, по прямо-противоположному направленію, необходимо прежде всего уничтожить ту работу, которую она содержитъ въ себѣ, такъ сказать, въ формѣ живой силы. Точно также, для того, чтобы согнуть членъ, внезапно вытянутый, нужно сначала уничтожить пріобрѣтенную имъ скорость, что также не обходится безъ извѣстной траты работы.

Чтобы устранить эту потерю въ двигательной работѣ, механики, гдѣ только возможно, стараются замѣнить перемѣнное движеніе взадъ и впередъ движеніемъ круговымъ. Такимъ образомъ, человѣкъ, вдохновляющійся въ своихъ изобрѣтеніяхъ тѣми примѣрами, которые даетъ ему природа, отступаетъ на этотъ разъ отъ своего образца, стремится превзойти его. И онъ имѣетъ на это полное право. Не могу отказать себѣ въ удовольствіи привести здѣсь прекрасную параллель, которую Фуко проводитъ между толкающими винтами парохода и плавательными органами рыбъ. „Машины, построенныя человѣкомъ, пишетъ онъ *), обыкновенно состоятъ изъ большаго числа частей, совершенно независимыхъ другъ отъ друга и соприкасающихся между собою лишь въ нѣкоторыхъ точкахъ; напротивъ, у животнаго всѣ части ткани принадлежатъ другъ къ другу, всѣ ткани связаны между собою неразрывно. Этого требуетъ функція питанія, совершающаяся непрерывно, функція, которой подчинено всякое живое существо во все время своего существованія. Понятна, слѣдовательно, абсолютная невозможность вращательнаго движенія одной части вокругъ другой, когда эти части составляютъ сплошную массу".

Таково громадное различіе, которое отдѣляетъ естественные механизмы, механизмы, созданные природою,

*) Journal des Debats, 22 octobre 1845.

Digitized by Google

отъ механизмовъ, произведенныхъ человѣкомъ: первые подчинены необходимымъ, неизмѣннымъ условіямъ, отъ которыхъ послѣдніе могутъ освободиться. Мышца будетъ дѣйствовать лишь въ томъ случаѣ, когда она связана посредствомъ сосудовъ и нервовъ съ остальнымъ организмомъ. Ни одна часть, будь это даже кость, т. е. наименѣе живая ткань въ организмѣ, не въ состояніи высвободиться изъ подъ вліянія этого закона.

Въ животномъ организмѣ можно отыскать еще и другой механизмъ, напоминающій по своему расположенію и устройству механизмы, созданные человѣкомъ, но съ нѣкоторой разницей, вродѣ той, о которой мы только что говорили.

Такъ, движеніе крови въ живыхъ организмахъ достигается посредствомъ настоящей гидравлической машины съ насосомъ, клапанами и трубами. Единственное различіе, существующее между этимъ сложнымъ механизмомъ и машинами, заключается въ отсутствіи независимыхъ частей и, главнымъ образомъ, въ отсутствіи поршня въ насосѣ. Сердце есть насосъ безъ поршня, измѣненіе вмѣстимости котораго зависитъ отъ сжиманія самыхъ стѣнокъ. Внѣ этой разницы существуетъ полная аналогія между кровеноснымъ аппаратомъ животныхъ и гидравлическимъ двигателемъ. Функція клапановъ совершенно одна и та же въ обоихъ случаяхъ, несмотря на кажущееся различіе. Въ другомъ моемъ сочиненіи я указалъ на одно явленіе въ кровообращеніи, увеличивающее и регулирующее полезную работу сердечнаго насоса; я говорю объ эластичности артерій *). И въ гидравлическихъ двигателяхъ человѣкъ также прибѣгнулъ къ употребленію эластическихъ резервуаровъ, съ цѣлью воз-

*) Physiologie medicale de la circulation du sang.

Digitized by Google

можно лучше утилизировать работу насоса и сообщить равномѣрное движеніе жидкости, несмотря на перемежающееся дѣйствіе двигателя. Дѣйствіе этихъ резервуаровъ такое же, какое получается отъ эластичности мышцъ.

Рабочая сила одушевленныхъ двигателей. Работа одушевленныхъ двигателей и работа машинъ измѣряются одной и той же единицей мѣры: рабочая сила однихъ сравнивается съ рабочею силою другихъ.

Лошадью-паромъ, или, говоря проще, лошадью съ двигательною силою, называютъ обыкновенно внѣшнюю работу, равняющуюся 75 килограмметрамъ въ секунду, предполагая, что лошадь можетъ дать то же количество работы.

Но одушевленные двигатели не могутъ производить работу постоянно, непрерывно. Вслѣдствіе этого, лошадь-паръ въ концѣ одного дня дастъ работу гораздо большую, чѣмъ та, которую могло бы произвести животное, употребляемое какъ двигательная сила.

Человѣкъ стоитъ еще ниже относительно рабочей силы ($^1/_{10}$ паровой лошади). Но несмотря на это, его мышечная сила можетъ въ теченіе короткаго промежутка времени доставить работу, превосходящую работу лошади-пара. Въ самомъ дѣлѣ, вѣсъ человѣка часто превосходитъ 75 килограммовъ, слѣдовательно, всякій разъ, когда онъ поднимется на одинъ метръ высоты въ секунду, въ случаѣ, напр., когда взбирается на лѣстницу, онъ совершаетъ въ теченіе этой секунды ту же работу, какъ лошадь-паръ. Еслибы онъ могъ въ теченіе нѣсколькихъ минутъ сообщить своему восхожденію скорость двухъ метровъ въ секунду, то развилъ бы работу, равную работѣ двухъ лошадей-паровъ.

Digitized by Google

Наконецъ, для опредѣленія работы, произведенной остальными животными, большими или малыми, ихъ выражаютъ въ кратныхъ или дробныхъ отношеніяхъ къ лошади-пару, принятому за единицу.

Digitized by Google

ГЛАВА VIII.

Гармонія между органомъ и его функціей.—Гипотеза превращенія видовъ.

Форма мышцы находится въ полной гармоніи съ тѣмъ родомъ движенія, которое она совершаетъ.—У различныхъ видовъ животныхъ встрѣчаются извѣстныя различія въ формѣ одной и той же мышцы, если функція, на нее возложенная, не одна и таже; различія грудныхъ мышцъ у птицъ находятся въ зависимости отъ ихъ полета; различія мышцъ бедра у млекопитающихъ зависятъ отъ способа ихъ движенія.—Предустановлена ли эта гармонія?—Гипотеза превращенія видовъ.—Ламаркъ и Дарвинъ.

Параллель, проведенная нами между одушевленными двигателями и обыкновенными машинами, будетъ небезполезна, если мы докажемъ, что между формою органовъ и характеромъ ихъ функцій существуетъ тѣсная связь и что эта связь въ такой степени подчинена обыкновеннымъ законамъ механики, что по формѣ мышечной

Digitized by Google

костной системы животнаго можно опредѣлить характеръ ихъ функцій.

Всѣ мы знаемъ, что существуетъ извѣстное отношеніе между толщиной мышцы и тою энергіею, съ какою она дѣйствуетъ, что можно напр. узнать атлета по тѣмъ выпуклымъ очертаніямъ, съ какими его мышцы выдѣляются подъ кожей. Но гораздо меньше извѣстно физіологическое значеніе длины мышцы, т. е. большей или меньшей длины ея сократительныхъ волоконъ. А между тѣмъ Борелли давно уже указалъ смыслъ этого факта. По его мнѣнію, длина краснаго волокна пропорціональна величинѣ движенія, которое можетъ произвести мышца.

Это различіе между сократительнымъ или краснымъ волокномъ мышцы и инертнымъ волокномъ сухожилія имѣетъ капитальное значеніе. Опытъ доказалъ, что мышцы, сокращаясь, укорачиваются на величину, составляющую постоянную дробь отъ ихъ длины. Можно, не особенно уклоняясь отъ истины, принять, что величина, на которую мышца можетъ сократиться, равняется одной трети ея длины. Но какова бы ни была абсолютная величина этого укороченія, она всегда пропорціональна длинѣ краснаго волокна; это вытекаетъ изъ природы тѣхъ явленій, которыя порождаютъ работу въ мышцѣ. Такъ, всякая мышца, точки прикрѣпленія которой способны при сокращеніи значительно измѣнить свое положеніе относительно другъ друга, необходимо будетъ длинной мышцей. Съ другой стороны, всякая мышца, производящая незначительное движеніе, будетъ короткой мышцей, каково бы ни было разстояніе, раздѣляющее ея точки прикрѣпленія. Такъ сгибатели пальцевъ руки и ноги суть короткія мышцы; но они снабжены длинными сухожиліями, передающими суставамъ пальцевъ то незначи-

Digitized by Google

тельное движеніе, которое порождается на далекомъ отъ нихъ разстояніи, въ предплечіи или голени.

Не трудно опредѣлить на трупѣ, каково пространство, на которое мышца можетъ перемѣстить свои точки прикрѣпленія. Сгибаніе и вытягиваніе члена довольно точно опредѣляетъ то разстояніе, на которое костныя прикрѣпленія мышцы способны сблизиться или разойтись. На свѣжемъ скелетѣ пространство, проходимое при этихъ движеніяхъ, можетъ быть также опредѣлено по дугѣ, образуемой скользящими поверхностями суставовъ.

Разсматривая мышечный аппаратъ человѣка, намъ прежде всего бросается въ глаза необыкновенная длина портняжной мышцы. Не трудно убѣдиться, что никакая другая мышца не въ состояніи произвести такое значительное перемѣщеніе своихъ костныхъ прикрѣпленій. За нею слѣдуютъ *грудино-сосковая* и *большая прямая* мышцы: онѣ также способны производить движенія очень большихъ размѣровъ. Можно прослѣдить такимъ образомъ всѣ мышцы организма. и на каждой изъ нихъ убѣдиться, что длина краснаго волокна соотвѣтствуетъ размѣрамъ того движенія, которое мышца должна производить. Но при этого рода изслѣдованіяхъ нужно остерегаться одной ошибки, которая можетъ заставить иногда принять короткую мышцу за длинную.

Борелли уже указывалъ на причину такой ошибки: онъ показалъ, какимъ образомъ *перистыя* мышцы, т. е. тѣ, волокна которыхъ соединяются на сухожиліи, въ косомъ направленіи, подобно бородкѣ пера на центральной жилкѣ, могутъ быть приняты, по общему ихъ виду за длинныя мышцы, тогда какъ въ сущности онѣ принадлежатъ къ числу короткихъ. Всѣ эти особенности необходимо принять во вниманіе при оцѣнкѣ способа отправленія различныхъ мышцъ организма: онѣ однѣ

Digitized by Google

Рис. 13. Скелетъ фламинга (по А. Мильнъ-Эдварсу); крыло очень большое, грудная кость очень глубокая и очень короткая, что указываетъ на толщину и короткость грудныхъ мышцъ.

Digitized by Google

только даютъ возможность опредѣлить настоящую длину сокращающихся частей.

Эта гармонія между формой и функціей различныхъ мышцъ, обнаруживающаяся въ анатоміи человѣка, становится еще замѣтнѣе, при сравненіи различныхъ видовъ животныхъ. Сравнительная анатомія показываетъ намъ, что если у животныхъ, близко стоящихъ другъ къ другу, замѣчается какая-нибудь разница въ отправленіи извѣстныхъ мышцъ,—этой разницѣ всегда соотвѣтствуютъ извѣстныя уклоненія и въ формѣ этихъ мышцъ. Такъ: у кэнгуру, животнаго, въ полномъ смыслѣ скачущаго, мы находимъ сильное развитіе мышцъ, предназначенныхъ для совершенія прыжковъ, т. е. ягодочныхъ, треглавыхъ бедра и икряныхъ.

У птицъ актъ летанья производится у различныхъ видовъ весьма различно. Поэтому анатомическое расположеніе двигательныхъ мышцъ крыла: грудныхъ мышцъ, видоизмѣняется весьма замѣтно отъ одного вида къ другому. Чтобы вполнѣ уяснить гармонію, существующую между функціей и органомъ, намъ бы слѣдовало подробно разсмотрѣть здѣсь механизмъ летанья. Но эти подробности читатель найдетъ ниже, здѣсь мы только въ нѣсколькихъ словахъ укажемъ на различія, которыя замѣчаются въ движеніяхъ крыльевъ и въ формѣ мышцъ, производящихъ эти движенія.

Всѣмъ извѣстно, что птицы, у которыхъ поверхность крыльевъ очень велика, какъ напр. орелъ, фрегатъ и т. п., производятъ весьма незначительные взмахи крыльями при полетѣ. Это зависитъ отъ того, что сопротивленіе, которое широкія крылья встрѣчаютъ со стороны воздуха, очень велико. Напротивъ, птицы съ маленькими крыльями производятъ усиленныя движенія и тѣмъ восполняютъ незначительное сопротивленіе, которое оказываетъ

Digitized by Google

имъ воздухъ. Кайра и пингвинъ принадлежатъ къ этой второй группѣ. Теперь представьте себѣ, что изъ этихъ птицъ, первымъ приходится производить усиленныя движенія небольшаго размѣра, а вторымъ приходится дѣлать слабыя движенія, но на значительномъ протяже-

Рис. 14. Скелетъ пингвина; длинная грудная кость и короткія крылья.

ніи,—и вы напередъ скажете, что у однихъ грудныя мышцы должны быть толсты и коротки, а у другихъ длинны и тонки. И оно дѣйствительно такъ и бываетъ,—въ чемъ легко убѣдиться, бросивъ бѣглый взглядъ на

Digitized by Google

размѣры грудной кости у этихъ различныхъ видовъ птицъ. Эта кость опредѣляетъ собою, до извѣстной степени, длину грудныхъ мышцъ, помѣщающихся въ ея боковыхъ впадинахъ. Въ самомъ дѣлѣ, у птицъ съ длинными крыльями грудная кость обыкновенно бываетъ широка и коротка, у другихъ—длинна и тонка.

Рис. 15. Скелетъ крыла и грудной кости у орла-фрегата. На немъ ясно видна чрезвычайная короткость грудной кости и значительная длина крыльевъ.

Въ этомъ отношеніи весьма поучительно сравнивать мышцы одного и того же порядка у двухъ различныхъ видовъ млекопитающихся. Одно только, что не всегда возможно доказать дѣйствительную гомологію между такими мышцами. Признаки несходства часто бываютъ выражены съ такою силою, что анатомы описываютъ подъ

Digitized by Google

различными названіями такія мышцы, которыя въ сущности однѣ и тѣ же, только принадлежатъ различнымъ видамъ. Впрочемъ, въ большомъ числѣ случаевъ эта гомологія не подлежитъ сомнѣнію, какъ видно уже изъ того, что извѣстнымъ мышцамъ присвоены одни и тѣ же названія у разныхъ видовъ животныхъ. Вотъ эти-то мышцы мы и возьмемъ, чтобы доказать на нихъ существованіе гармоніи между функціею и органомъ.

Такъ, весьма нетрудно распознать двуглавую мышцу бедра у большей части млекопитающихъ; но при этомъ мы замѣчаемъ, что она представляетъ крайнее разнообразіе относительно своего нижняго прикрѣпленія у различныхъ животныхъ. У нѣкоторыхъ четвероногихъ она прикрѣпляется вдоль всей голени почти до пятокъ, вслѣдствіе чего эти животныя не въ состояніи пригнуть голень къ бедру; у животныхъ, способныхъ производить прыжки, нижнее прикрѣпленіе двуглавой мышцы находится уже гораздо выше. У обезьянъ оно еще выше, такъ что эти животныя могутъ пригнуть ногу къ бедру и въ тоже время держаться стоя. Наконецъ, у человѣка двуглавая мышца прикрѣпляется къ самой верхней части берца. Если вѣрить анатомическимъ рисункамъ Кювье и Лориллара, у негра прикрѣпленіе двуглавой мышцы къ берцу нѣсколько ниже, чѣмъ у бѣлаго человѣка, что приближаетъ негра къ типу обезьянъ.

Но оставимъ пока въ сторонѣ вопросъ о томъ, отчего зависитъ это разнообразіе въ прикрѣпленіи двуглавой мышцы, и посмотримъ, какъ отзывается это различіе на функціи мышцы. Очевидно, что, при сгибаніи и разгибаніи колѣна, каждая точка берцовой кости описываетъ дугу, величина которой будетъ тѣмъ больше, чѣмъ дальше она удалена отъ центра движенія. Очевидно также, что каждая изъ этихъ точекъ тѣмъ боль-

Digitized by Google

ше или тѣмъ меньше должна удаляться отъ бедра или сѣдалищной кости, чѣмъ обширнѣе производимое ею круговое движеніе. А такъ какъ большимъ движеніямъ отвѣчаютъ длинныя сократительныя волокна, то отсюда слѣдуетъ, что и двуглавая мышца должна имѣть различную длину у различныхъ млекопитающихъ.

Рис. 16. Мышцы бедра у человѣка.—Портняжная мышца (на верху) и прямая внутренняя (внизу) оттѣнены сильнѣе, чтобы ихъ легче было отличить.—Прямая внутренняя мышца въ нижней части снабжена длиннымъ сухожиліемъ; ея мясистая часть коротка, что вполнѣ соотвѣтствуетъ ограниченному движенію этой мышцы, прикрѣпленіе которой находится близко къ колѣну. Портняжная мышца снабжена коротким сухожиліемъ у своего нижняго прикрѣпленія.

Digitized by Google

Въ дѣйствительности это такъ и бываетъ. У человѣка, у котораго двуглавая мышца прикрѣпляется внизу почти подъ самымъ колѣномъ, размахъ движеній, совершаемыхъ ея подвижными точками, имѣетъ небольшіе размѣры, а поэтому и сократительныя волокна имѣютъ относительно небольшую длину, тогда какъ сухожиліе занимаетъ, напротивъ, значительную часть всей мышцы. У обезьянъ точки прикрѣпленія этой мышцы

Рис. 17. Мышцы бедра у павіана.—Прямая внутренняя мышца почти вся состоитъ изъ красныхъ волоконъ; точка прикрѣпленія значительно удалена отъ колѣна, что увеличиваетъ размахъ движеній при сгибаніи голени къ бедру.—Въ портняжной мышцѣ почти нѣтъ сухожилія.

располагаются сравнительно ниже, вслѣдствіе чего увеличивается ихъ подвижность. Этому увеличенію должно соотвѣтствовать увеличеніе дѣятельной части мышцы, что можетъ быть достигнуто лишь насчетъ уменьшенія дли-

Digitized by Google

ны сухожилія. У четвероногихъ, наконецъ, сухожиліе двуглавой мышцы существуетъ лишь въ видѣ едва замѣтныхъ слѣдовъ, и мышца на всемъ своемъ протяженіи состоитъ почти вся изъ красныхъ волоконъ.

Рис. 18. Мышцы бедра у Coaïta. — Прямая внутренняя мышца прикрѣплена ниже колѣна и почти совсѣмъ лишена сухожилія. — Портняжная мышца, прикрѣпляющаяся въ верхней своей части на большомъ разстояніи отъ тазо-бедреннаго сустава, допускаетъ очень обширныя движенія; вслѣдствіе этого она имѣетъ чрезвычайно длинныя красныя волокна и совсѣмъ не имѣетъ сухожилія.

Прямая внутренняя мышца бедра представляетъ то же разнообразіе относительно своего нижняго прикрѣпленія и своего строенія. Разсматривая расположеніе этой

Digitized by Google

мышцы у человѣка, мы видимъ, что точки прикрѣпленія ея къ голени находятся очень близко отъ колѣна, что ея мясистая часть не велика, а сухожиліе длинное. Посмотрите теперь на ту же мышцу у обезьяны (рис. 17 и 18): вы видите, что она прикрѣпляется къ берцу гораздо дальше отъ колѣна и что вслѣдствіе болѣе обширныхъ движеній, совершаемыхъ ея подвижною частью, длина волоконъ возрастаетъ насчетъ сухожилія, отъ котораго остается едва одинъ слѣдъ.

Эта измѣнчивость точки прикрѣпленія особенно замѣтна на такъ-называемой полу-сухожильной мышцѣ, получившей это названіе вслѣдствіе расположенія, которое оно имѣетъ у человѣка: почти половина этой мышцы занята сухожиліемъ. У человѣка нижнее прикрѣпленіе полу-сухожильной мышцы находится очень близко къ колѣнному суставу, но у обезьяны она прикрѣпляется ниже, вслѣдствіе чего почти утрачиваетъ свое сухожиліе, которое у большей части другихъ млекопитающихъ, какъ напр. у Coaïta, даже совсѣмъ исчезаетъ.

Можно было бы привести безконечное множество примѣровъ, доказывающихъ полную гармонію между формою мышцъ и характеромъ ихъ функцій. Вездѣ развитіе этихъ органовъ въ толщину связано съ развитіемъ силы, какъ напр., въ трехглавой мышцѣ кенгуру или въ жевательныхъ мышцахъ льва, вездѣ также увеличеніе длины ихъ совпадаетъ съ увеличеніемъ размѣра движеній, какъ въ сейчасъ приведенныхъ нами примѣрахъ.

Спрашивается теперь, есть ли эта гармонія нѣчто разъ навсегда предустановленное или же она развивается постепенно, подъ вліяніемъ функцій органа у различныхъ существъ? Мы знаемъ, что отъ частыхъ и энергическихъ сокращеній увеличивается объемъ мышцъ: спрашивается, не могутъ ли очень обширныя движенія

Digitized by Google

оказывать точно такое же вліяніе на длину мышцъ? не можетъ ли отъ вліянія перемѣны въ направленіи мышечныхъ движеній произойти перемѣщеніе сухожильныхъ прикрѣпленій ихъ на скелетѣ. Вотъ вопросы, которые ждутъ разрѣшенія.

Гипотеза превращенія видовъ.

Естественныя науки получили сильный толчекъ, подъ вліяніемъ идей Дарвина. Я не хочу сказать, чтобы мнѣніе знаменитаго англійскаго ученаго было принято всѣми; мы еще очень недавно были свидѣтелями того, съ какимъ упорствомъ защитники общепринятой доктрины отвергали гипотезу превращенія видовъ. Но появленіе теоріи Дарвина возбудило продолжительные споры; къ тѣмъ аргументамъ, которые нѣкогда приводилъ Ламаркъ въ пользу измѣняемости органическихъ существъ, прибавилось громадное число новыхъ доказательствъ, открытыхъ и установленныхъ партизанами трансформизма. Съ другой стороны, старая доктрина отстаивалась со страстью, которой трудно было ожидать, такъ что въ настоящее время натуралисты распадаются на два лагеря и всякій, кто занимается зоологіей или ботаникой, невольно долженъ примкнуть къ тому или другому лагерю.

Въ одномъ изъ нихъ укрѣпилась старая школа, разсматривающая органическій міръ, какъ нѣчто почти неизмѣнное. Для нея весь разнообразный міръ животныхъ и растеній сводится къ извѣстному числу видовъ или постоянныхъ типовъ, которые передаются изъ поколѣнія въ поколѣніе во всей своей неприкосновенности. Отъ этого своего типа животное можетъ уклониться развѣ самымъ незначительнымъ образомъ и то лишь на время. Если, подъ вліяніемъ климата или пищи, приру-

Digitized by Google

ченія или тому подобныхъ причинъ, и происходятъ иногда извѣстныя уклоненія въ первоначальномъ типѣ, то эти уклоненія немедленно исчезаютъ какъ только животное снова будетъ поставлено въ прежнія условія своей нормальной жизни. Первичный типъ возстановляется тогда во всей своей прежней чистотѣ.

Совершенно иныя вѣрованія исповѣдуетъ другой лагерь; живой организмъ измѣняется безпрерывно, смотря по средѣ, въ которой онъ живетъ, температурѣ, которая его окружаетъ, и пищѣ, которою оно питается. Привычки, которыя ему приходится усвоить себѣ, чтобы сохранить жизнь при измѣнившихся условіяхъ, порождаютъ въ немъ спеціальныя приспособленія, измѣняющія и его свойства, и форму его тѣла. А такъ какъ, путемъ наслѣдственности, уклоненія, пріобрѣтенныя предками, передаются въ извѣстныхъ границахъ потомкамъ, то мало-по-малу измѣняется и самый *видъ*. Творцомъ этой теоріи превращенія видовъ былъ Ламаркъ, а Дарвинъ и его ученики обратили на нее вниманіе натуралистовъ и отвели ей надлежащее мѣсто. Къ внѣшнимъ причинамъ, обусловливающимъ измѣняемость животнаго вида, Дарвинъ прибавилъ еще одну, которая поддерживаетъ и усиливаетъ всякое измѣненіе, когда оно оказывается выгоднымъ для вида. Эту причину онъ назвалъ *естественнымъ подборомъ*.

Если, по какой нибудь случайности рожденія, извѣстныя особи являются на свѣтъ съ нѣкоторыми особенностями, дѣлающими ихъ болѣе сильными или болѣе ловкими, вообще болѣе способными выдерживать *борьбу за существованіе*, то уже чрезъ это самое онѣ необходимо становятся продолжателями вида. И это не потому только, что физическое превосходство увеличиваетъ ихъ шансы на болѣе продолжительную жизнь и слѣдова-

Digitized by Google

тельно даетъ имъ больше времени для размноженія: по ученію Дарвина, одно уже существованіе такого физическаго превосходства у животнаго заставляетъ отдавать ему предпочтеніе передъ другими въ актѣ воспроизведенія. Такимъ-то образомъ, чрезъ постепенное усвоеніе новыхъ особенностей можетъ совершенствоваться цѣлый видъ, благодаря появленію особи, лучше одаренной, чѣмъ всѣ другіе представители вида.

Борьба между старою и новою школою грозитъ протянуться еще очень долго, такъ какъ ни одна изъ нихъ не находитъ рѣшительнаго аргумента, чтобы поразить другую. Всѣмъ извѣстны основанія, которыя приводились обѣими сторонами, пустившими въ дѣло, поочередно, геологію, археологію, зоотехнику, земледѣліе. Но никто даже приблизительно не можетъ сказать, когда кончится эта борьба. Впрочемъ, если мы вправѣ сдѣлать предсказаніе относительно исхода спора по взаимному положенію борющихся сторонъ, то можно сказать, что старая школа понесетъ полное пораженіе. Ея ряды рѣдѣютъ съ каждымъ днемъ, она видимо теряетъ присутствіе духа и, какъ-бы сознавая свое безсиліе бороться научными доводами, прибѣгаетъ подъ защиту ортодоксіи, которой не должно быть мѣста въ научномъ спорѣ.

Одинъ упрекъ можетъ быть сдѣланъ обѣимъ системамъ: онѣ слишкомъ сильно упираютъ на общіе выводы и недостаточно рельефно выставляютъ на видъ существенный предметъ борьбы.

Такъ, надобно сознаться, что Ламаркъ обнаружилъ большую неопредѣленность въ своихъ объясненіяхъ, относя всѣ измѣненія въ живомъ организмѣ на счетъ внѣшнихъ условій. Его теорія не восполнила пробѣла, существующаго между зарождающейся потребностью и по-

Digitized by Google

явленіемъ той органической формы, которая соотвѣтствуетъ этой потребности. Такъ онъ говоритъ намъ, что тѣ виды животныхъ, которые существуютъ въ настоящее время и такъ удивительно приспособлены къ свойственному имъ роду жизни, а именно: снабжены, смотря по надобности, ногтями или копытами, крыльями или плавательными перепонками, острыми зубами или роговыми клювами,—не всегда имѣли ту же форму, а лишь постепенно пріобрѣтали всѣ эти разнообразныя приспособленія, находящіяся въ такой полной гармоніи съ окружающими ихъ условіями жизни. Но если вы спросите его: гдѣ доказательства, что этого рода видоизмѣненія дѣйствительно совершаются подъ вліяніемъ внѣшнихъ причинъ, то авторъ „зоологической философіи“ представитъ вамъ лишь самые незначительные примѣры подобныхъ измѣненій и заявитъ въ видѣ возраженія, что научныя наблюденія не заходятъ такъ далеко въ глубину прошедшаго. Напрасно вы станете открывать передъ нимъ гробницы Мемфиса и показывать ему скелеты животныхъ, вполнѣ сходныхъ съ тѣми, которыя и теперь еще водятся въ Египтѣ,—Ламаркъ отвѣтитъ вамъ безъ всякаго смущенія, что „это отъ того, что условія, при которыхъ когда-то жили эти животныя, сохранились безъ измѣненій и до настоящаго времени“. Отвѣтъ стоитъ возраженія, но онъ отъ этого нисколько не выигрываетъ въ доказательности; на подобной почвѣ можно спорить безъ конца.

Гораздо послѣдовательнѣе защищаетъ свой *естественный подборъ* Дарвинъ. Всѣмъ извѣстно, какое громадное вліяніе оказываетъ подборъ на измѣненіе типа органическихъ существъ. Лица, занимающіяся разведеніемъ скота, произвели въ животномъ царствѣ замѣчательныя измѣненія, выбирая для скрещиванія только

Digitized by Google

особи, обладающія въ наиболѣе сильной степени тѣми физическими качествами, которыя желаютъ передать расѣ. Такія же измѣненія подборъ производитъ и въ растительномъ царствѣ; такъ что Дарвинъ могъ, не опасаясь оставаться на почвѣ однихъ предположеній, приписать главную роль въ измѣненіи видовъ такому подбору, который совершался бы естественнымъ путемъ, въ силу причинъ, указанныхъ нами выше. Но Дарвинъ, какъ и Ламаркъ, разсматриваетъ причины видоизмѣненія въ живыхъ существахъ съ односторонней точки зрѣнія. И тотъ, и другой склонны преувеличивать значеніе той причины, которую ему удалось открыть.

Новая школа, руководимая разумнымъ эклектизмомъ, старается отвести справедливое мѣсто обоимъ родамъ вліяній при объясненіи удивительнаго разнообразія живыхъ формъ послѣдовательными видоизмѣненіями. Она уже сдѣлала очень многое въ пользу гипотезы превращенія видовъ. Но въ глазахъ нѣкоторыхъ ученыхъ всѣ подобнаго рода изслѣдованія пользуются очень малымъ кредитомъ: по ихъ мнѣнію, и постоянство и измѣняемость видовъ принадлежатъ къ категоріи неразрѣшимыхъ вопросовъ.

Дѣйствительно, если отъ защитниковъ гипотезы превращенія видовъ потребовать экспериментальныхъ доказательствъ ихъ ученія, если напр. потребовать отъ нихъ, чтобы они превращали осла въ лошадь или что нибудь въ этомъ родѣ, то они вынуждены будутъ сознаться въ своемъ безсиліи. Они могутъ только сказать, что для подобнаго превращенія необходимо, чтобы подборъ и другія видоизмѣняющія вліянія дѣйствовали непрерывно въ теченіе многихъ тысячъ лѣтъ. И въ самомъ дѣлѣ, если только такія измѣненія когда-либо имѣли мѣсто въ природѣ, то они во всякомъ случаѣ совершались крайне медленно. Такимъ образомъ, за отсутствіемъ эксперимен-

Digitized by Google

тальныхъ доказательствъ, гипотеза превращенія видовъ не можетъ быть ни отвергнута, ни принята; и потому ученые, у которыхъ привычка къ строгимъ доказательствамъ вошла въ плоть и кровь, мало интересуются подобными вопросами: въ ихъ глазахъ они лишены научнаго характера.

А между тѣмъ, наука почти ежедневно затрогиваетъ подобные вопросы. Когда астрономъ изслѣдуетъ причины, могущія замедлить движеніе звѣзды, когда онъ предсказываетъ за нѣсколько милліоновъ лѣтъ впередъ извѣстное измѣненіе въ земной орбитѣ, замедленіе вращательнаго движенія нашей планеты, охлажденіе земли, которое убьетъ все живущее, всѣ его слушаютъ со вниманіемъ. Когда онъ указываетъ какую нибудь причину, производящую, по его мнѣнію, замедленіе въ движеніи планеты, всякій понимаетъ, что какъ бы ни была ничтожна эта причина, но, дѣйствуя постоянно въ теченіе многихъ вѣковъ, она можетъ произвести громадные результаты. И никому въ голову не приходитъ отсылать астронома къ тѣмъ десяткамъ милліоновъ лѣтъ, которые необходимы для точнаго научнаго подтвержденія его заключеній.

Отчего же мы такъ требовательны, когда идетъ дѣло о теоріи превращенія видовъ? Она, говорятъ противники ея, не можетъ сдѣлать насъ свидѣтелями перехода одного вида въ другой. Прекрасно! Но что если она докажетъ существованіе положительнаго стремленія къ такому переходу? Вѣдь, какъ хотите: разъ такое стремленіе существуетъ, хотя бы въ самой незначительной степени, то, наростая все болѣе и болѣе въ теченіе многихъ вѣковъ, оно можетъ привести за собою измѣненіе настолько полное, насколько можно этого желать.

Поэтому, если мы вправѣ чего нибудь требовать въ настоящее время отъ защитниковъ этой гипотезы, такъ

Digitized by Google

это того, чтобы они доказали существованіе подобнаго стремленія. Пусть они покажутъ намъ его хотя бы на самомъ ничтожномъ и легкомъ измѣненіи въ анатомическомъ строѣ извѣстной особи, подверженной такого рода вліяніямъ, продолжительное дѣйствіе которыхъ могло бы привести къ кореннымъ измѣненіямъ самаго типа животнаго. Никто не отрицаетъ, что морфологическія особенности особи передаются въ большей или меньшей степени ея потомкамъ. Но вопросъ въ томъ, какимъ способомъ извѣстнымъ внѣшнимъ причинамъ удается произвести первое уклоненіе въ данномъ организмѣ. Этотъ вопросъ принадлежитъ вполнѣ вѣдѣнію экспериментальной физіологіи, которая уже и теперь въ состояніи представить нѣкоторыя данныя, имѣющія реальное значеніе.

Во времена Ламарка научная логика не была такъ взыскательна. Для Ламарка было совершенно достаточно сказать, что такая-то потребность породила извѣстное органическое приспособленіе, назначеніе котораго—удовлетворять эту потребность. Такой-то птицѣ пришлось отыскивать себѣ пропитаніе глубоко подъ водой, съ этою цѣлью она производила рядъ усилій, чтобы вытянуть возможно болѣе свою шею, и шея вытянулась; у другой явилось желаніе заходить какъ можно дальше въ прудъ, не замачивая своихъ перьевъ; для этого она вытягивала свои ноги, которыя постепенно достигли такой длины, какую мы находимъ у голенастыхъ. Жирафа долгое время доставала листья прямо съ дерева и благодаря этому ея шейные позвонки вытянулись до изумительной длины. Ламаркъ, конечно, не забываетъ указать на наслѣдственность, какъ на моментъ, обращающій на пользу всего вида тѣ качества, которыя каждая особь пріобрѣтаетъ лично для себя; но

Digitized by Google

онъ и не думаетъ показать, какимъ образомъ извѣстная особенность вырабатывается самимъ индивидумомъ, подъ вліяніемъ новыхъ условій жизни и новыхъ привычекъ. Въ этомъ же родѣ, только въ другой отрасли знанія, разсуждалъ Гэнтеръ. Для объясненія процесса заживанія раны и сращенія костей, онъ признаетъ необходимость образованія новыхъ тканей изъ крови: но въ силу чего-же кровь приноситъ эти новые элементы къ нуждающимся въ нихъ частямъ?—Въ силу *стимула необходимости*, отвѣчаетъ Гэнтеръ!

Въ наше время стараются опредѣлить съ возможно большею точностью отношеніе между причинами и слѣдствіями, подмѣтить тѣ постепенныя измѣненія, которымъ подвергается животный организмъ, очутившійся среди новыхъ условій, и уже теперь начинаютъ отгадывать то вліяніе, какое функція оказываетъ на производящіе ее органы. „Функція дѣлаетъ органъ", такова краткая, но сильная формула, созданная Гереномъ, формула, выражающая въ общихъ чертахъ ту роль, которую играетъ функція въ видоизмѣненіяхъ организма. Впрочемъ, она много выиграетъ, если будетъ подкрѣплена частными примѣрами.

Для этого необходимо показать, какъ кости, суставы, мышцы различнымъ образомъ измѣняются подъ вліяніемъ различныхъ видоизмѣненій въ своихъ отправленіяхъ, какимъ образомъ пищеварительный аппаратъ, приспособляясь къ различнымъ родамъ пищи, претерпѣваетъ измѣненія, ставящія его въ соотвѣтствіе съ тѣми особыми условіями, при которыхъ ему надлежитъ дѣйствовать; какимъ образомъ измѣненія, происшедшія въ кровообращеніи, приводятъ за собою извѣстныя анатомическія измѣненія въ системѣ сосудовъ, которыя можно предвидѣть заранѣе, наконецъ, какимъ

Digitized by Google

образомъ наши чувства путемъ упражненія пріобрѣтаютъ новыя свойства или теряютъ прежнія, когда они долго находятся въ бездѣйствіи. Всѣ такія измѣненія въ отправленіяхъ, подъ вліяніемъ тѣхъ же отправленій, сопровождаются анатомическими измѣненіями въ аппаратѣ, который физіологически уже не тотъ.

Уловить на дѣлѣ одно изъ подобныхъ измѣненій, показать, что оно всегда совершается однимъ и тѣмъ же способомъ, разъ условія будутъ тѣ же,—вотъ задача, о которой прежде всего слѣдуетъ озаботиться новой теоріи. И если, засимъ, новымъ рядомъ опытовъ, будетъ доказано, что наслѣдственность передаетъ даже самыя ничтожныя измѣненія, пріобрѣтенныя этимъ путемъ, тогда можно будетъ сказать, что теорія превращенія видовъ стоитъ на твердой почвѣ.

Вотъ гдѣ, по нашему мнѣнію, истинный путь, по которому необходимо слѣдовать, если мы желаемъ добиться разрѣшенія столь важнаго вопроса, каковъ вопросъ о превращеніяхъ видовъ. Въ послѣднее время сдѣланы серьезныя попытки въ этомъ направленіи. Поставленные лицомъ къ лицу въ теченіе долгаго времени съ задачами животной механики, мы были вынуждены не разъ вдумываться во взаимныя отношенія между органами движенія и ихъ функціями. Поэтому мы попытаемся показать теперь, какимъ образомъ скелетъ и мышечный аппаратъ приспособляются къ тѣмъ движеніямъ, которыя производитъ каждое животное при обыкновенныхъ условіяхъ своего существованія.

Digitized by Google

ГЛАВА IX.

ИЗМѢНЯЕМОСТЬ СКЕЛЕТА.

Причины, почему скелетъ считался наименѣе измѣняющеюся частью организма. — Доказательства пластичности скелета при жизни животнаго, подъ вліяніемъ самыхъ легкихъ, но продолжительныхъ давленій.—Происхожденіе впадинъ и выпуклостей, замѣчаемыхъ на скелетѣ; происхожденіе суставныхъ поверхностей.—Функція управляетъ органомъ.

Разсматривая скелетъ животнаго, держа въ рукахъ куски костей, обладающіе твердостью камня, припоминая, что эти кости пережили разрушеніе всѣхъ остальныхъ органовъ, что они могутъ сохраниться въ теченіе тысячей вѣковъ свидѣтельствуя о когда-то существовавшихъ породахъ животныхъ, наблюдатель вполнѣ естественно приходитъ къ заключенію, что скелетъ представляетъ собою неизмѣняемую часть организма.

Этотъ скелетъ, скажетъ онъ себѣ, есть нѣкоторымъ образомъ срубъ животнаго тѣла, вокругъ него групируются мягкія части какъ кому придется, то ложась въ его углубленіяхъ, то стелясь по его поверхностямъ, но всегда неизмѣнно подчиняясь закону болѣе сильнаго и,

Digitized by Google

такъ сказать, прилаживаясь къ тѣмъ промежуткамъ, которые отведены имъ между различными частями костной системы.

Какъ бы мало ни былъ знакомъ съ анатоміей наблюдатель, но онъ тотчасъ же замѣтитъ на поверхности костей тысячу самыхъ любопытныхъ деталей: онъ увидитъ множество ямочекъ, родъ маленькихъ помѣщеній, повидимому предназначенныхъ пріютить или дать защиту какому нибудь исчезнувшему органу. И дѣйствительно эти углубленія соотвѣтствуютъ утолщеніямъ мышцъ, которыя въ этихъ мѣстахъ соприкасаются съ выдолбленными на подобный манеръ костями. Въ другомъ мѣстѣ онъ замѣчаетъ глубокій и округленный желобъ, напоминающій борозды на краяхъ древнихъ колодцевъ. И тутъ дѣйствовала своего рода веревка; это сухожиліе мышцы, которое безпрестанно скользало впередъ и назадъ по кости. Но взгляните на концы плечевой кости: какъ они гладки, точно выточенны. Вверху кость округлена въ видѣ шара и какъ нельзя удобнѣе ложится въ углубленіе лопатки. Можно прямо сказать, что обѣ эти поверхности отшлифованы движеніемъ: смѣщаясь по всѣмъ направленіямъ, вращаясь на своей оси, плечевая кость производитъ тѣ же движенія, какія мы дѣлаемъ, желая посредствомъ тренія придать тѣлу шарообразную форму. Такъ дѣйствуетъ, напр., оптикъ, выдѣлывая и шлифуя свои выпуклыя и вогнутыя стекла. На нижней своей оконечности плечевая кость носитъ явные слѣды того же вліянія: небольшое кругловатое возвышеніе соединяетъ ее съ лучевою костью, указывая на то, что и тутъ существовало двоякаго рода движеніе. Рядомъ же съ нимъ виднѣется поверхность въ видѣ желобка на блокѣ, которая какъ нельзя лучше приспособлена къ сгибаніямъ и разгибаніямъ локтевой кости.

Digitized by Google

Взгляните на черепъ—здѣсь опять рядъ новыхъ сюрпризовъ: все предусмотрѣно и все на своемъ мѣстѣ. Глубокія впадины пріютили мозгъ и органы чувствъ. Для нервовъ сдѣланы особые проходы, открывающіе имъ путь наружу; каждый сосудъ идетъ по бороздѣ, образующей своего рода каналъ, который вѣтвится вмѣстѣ съ сосудомъ, воспроизводя съ необыкновенной точностью всѣ древовидныя развѣтвленія маленькихъ артерій.

Не будь кость такъ тверда, можно было бы подумать, что она поддалась внѣшнимъ давленіямъ, *отпечатки* которыхъ она носитъ на себѣ. Но попробуйте надавливать поверхность кости, и вы увидите, что она окажетъ полное сопротивленіе. Чтобы разрѣзать кость, необходимо прибѣгнуть къ пилѣ или долоту. Какимъ же образомъ мягкія части однимъ своимъ давленіемъ могли выдолбить въ костяхъ всѣ эти разнообразныя впадины, которыя къ тому-же часто имѣютъ значительную глубину?

Все это предвидѣла и приготовила природа съ цѣлью, какъ можно удобнѣе размѣстить различные органы на скелетѣ, который долженъ служить для нихъ твердою и прочною опорою. Такъ разсуждаютъ люди, которые никогда не видѣли своими глазами, какъ образуются на костяхъ всѣ подобнаго рода выступы и вдавленія.

И точно такимъ же образомъ разсуждали нѣкогда анатомы и зоологи. Они смотрѣли на скелетъ, какъ на неизмѣняемую часть организма, и производили отъ него большую часть специфическихъ особенностей зоологическихъ типовъ. Въ высшей степени трудно оспаривать мнѣніе, которое признавалось въ теченіе долгаго времени за истину. Такъ, когда Шарль Мартэнъ, дополняя и исправляя выводы Викъ-д'Азира, сталъ доказывать, что плечевыя кости у человѣка и у животнаго вполнѣ

Digitized by Google

сходны съ костью бедра, но бедра, вывернутаго по направленію его оси, такъ что колѣно, повернутое назадъ, дало бы тотъ же локоть, то зоологи возразили, что такое выворачиваніе существуетъ только въ отвлеченіи. Форма колѣна, говорили они, не есть слѣдствіе мышечныхъ усилій, которыя своимъ медленнымъ и постепеннымъ дѣйствіемъ повернули ось кости, а результатъ предустановленнаго склада организма. Такъ, мы видимъ, что зародышъ является съ такой вывороченной плечевой костью еще въ то время, когда мышечныя отправленія еще слишкомъ слабы, чтобы произвесть подобное измѣненіе въ скелетѣ.

Въ настоящее время никто болѣе не сомнѣвается въ томъ, что костная система можетъ подвергнуться самому полному измѣненію, что органы, на мертвомъ скелетѣ обыкновенно столь плотные и твердые, въ живомъ организмѣ, напротивъ, способны претерпѣвать самыя разнообразныя уклоненія. Какъ бы ни были незначительны давленіе или растяженіе, производимое на кость, но если они продолжаются довольно долго, то всегда вызываютъ измѣненіе ея формы. Въ этомъ отношеніи кость напоминаетъ собою мягкій воскъ, съ которымъ можно дѣлать все, что угодно; такъ что, перевернувъ приведенное выше положеніе, можно сказать, что кости подчиняются вліянію другихъ органовъ и что онѣ принимаютъ только ту форму, которую позволяютъ имъ имѣть мягкія части, ихъ окружающія.

Медицинѣ и хирургіи мы обязаны знакомствомъ съ этими важными фактами, которые легко подтвердить на множествѣ примѣровъ. Такъ, аневризмъ аорты, встрѣчая на своемъ пути грудную кость или ключицу, вмѣсто того, чтобы остановиться передъ этой костной преградой, преспокойно продырявливаетъ ихъ въ нѣсколь-

Digitized by Google

ко мѣсяцевъ. Костное вещество всасывается и исчезаетъ подъ давленіемъ аневризма, и можно даже сказать, что оно оказываетъ надвигающейся опухоли меньше сопротивленія, чѣмъ мягкія части, напримѣръ кожа. Но давленіе, производимое аневризмомъ, въ сущности есть ничто иное, какъ давленіе артеріальной крови; поэтому сила, съ которою аневризматическій мѣшокъ сдавливаетъ и продалбливаетъ кость, должна проявиться повсюду, гдѣ артерія соприкасается съ костью. И дѣйствительно, во всѣхъ татихъ мѣстахъ происходитъ размягченіе костнаго вещества, вслѣдствіе чего артерія прорываетъ себѣ ложбинку, въ которую укладывается со всѣми своими многочисленными развѣтвленіями. Подобный примѣръ мы можемъ наблюдать на внутренней поверхности темени человѣческаго черепа. Даже вена можетъ продолбить въ кости желобокъ значительной глубины. Ненормальное расширеніе сосудовъ, извѣстное подъ именемъ *варикозныхъ узловъ* и развивающееся обыкновенно на голени, сопровождается всегда измѣненіями на внѣшней поверхности берцевой кости, на которой видны бываютъ отпечатки расширенныхъ венъ. Тутъ уже никакъ нельзя сказать, что эти углубленія въ костяхъ входятъ въ предустановленный планъ природы, что эти желобки въ скелетѣ созданы спеціально для будущихъ растяженій венъ. Хирургамъ очень хорошо извѣстно, что эти желобки являются часто у взрослаго человѣка, у котораго кости были совершенно нормальны, пока у него не началось расширеніе венъ.

Тотъ же механизмъ дѣйствуетъ и при образованіи тѣхъ впадинъ вдоль костей, которыя составляютъ слѣды мышцъ и которыя придаютъ, напр., больше-берцевой кости ея характерную призматическую форму.

Желоба, по которымъ проходятъ сухожилія, также не

Digitized by Google

бываютъ созданы заранѣе: они выдолблены сухожиліями и ими поддерживаются. Но пусть, вслѣдствіе вывиха, отношеніе между костью и сухожиліемъ измѣнится, и тогда старый жолобъ, оставаясь пустымъ, мало по малу сгладится и исчезнетъ, а на мѣсто его явится другой, постепенно разростающійся до той глубины, которая необходима для помѣщенія сухожилія.

„Но, скажутъ намъ, поверхности суставовъ, столь совершенныя въ своемъ строеніи, столь превосходно приспособленныя къ производимымъ ими движеніямъ, неужели и они не составляютъ результатъ заранѣе установленнаго плана? Каждая поверхность этихъ костей покрыта гладкими хрящами, омываемыми синовіальной жидкостью, которая еще болѣе облегчаетъ ихъ движенія. Снаружи онѣ одѣты фиброзными связками, которыя не даютъ костямъ переходить за предѣлы предназначенныхъ имъ движеній, а поверхностямъ слишкомъ удаляться одной отъ другой. Столь совершенный аппаратъ, очевидно, не могъ быть созданъ въ силу только его отправленій. Какое же еще лучшее доказательство предусмотрительности природы и мудрости ея плановъ?“

Обратимся же опять къ хирургіи, и она покажетъ намъ, что когда, вслѣдствіе вывиха, прежнія суставныя впадины пустѣютъ и пропадаютъ,—на новомъ мѣстѣ, гдѣ очутилась головка кости, образуется новое сочлененіе, которое въ теченіе немногихъ мѣсяцевъ обзаводится всѣми до единой составными частями: и суставными хрящами, и синовіальной жидкостью, и связками, удерживающими кости на извѣстномъ разстояніи. Слѣдовательно, и здѣсь, употребляя уже разъ цитированное нами выраженіе, мы видимъ, что функція создаетъ органъ.

Все сказанное относится пока лишь къ углубленіямъ, существующимъ на костяхъ. Спрашивается, отъ какихъ

Digitized by Google

же внѣшнихъ причинъ можно производить тѣ уступы, которые мы встрѣчаемъ повсюду на поверхности скелета, тѣ отростки, какъ ихъ обыкновенно называютъ, которые служатъ мѣстомъ прикрѣпленія мышцъ?

Отвѣчать на этотъ вопросъ не трудно. Для объясненія образованія уступовъ на костяхъ нужно привлечь силу, противоположную той, которая роетъ на нихъ углубленія; нужно допустить, что въ томъ мѣстѣ, гдѣ на кости замѣчается уступъ, она подвергается извѣстному растяженію.

Что такое растяженіе существуетъ на всѣхъ пунктахъ скелета, гдѣ прикрѣпляются мышцы, — это очевидно. Очевидно также, что сила этого растяженія должна быть пропорціональна силѣ мышцъ, его производящихъ. Теперь, наиболѣе выдающіеся отростки замѣчаются именно на мѣстѣ прикрѣпленія сухожилій наиболѣе сильныхъ мышцъ, а это доказываетъ, что вздуваніе кости самымъ тѣснымъ образомъ связано съ интенсивностью той же силы растяженія, которая на нее дѣйствуетъ. Правая рука, которая чаще находится въ дѣйствіи, чѣмъ лѣвая имѣетъ и болѣе выдающіеся уступы на своихъ костяхъ. Когда параличъ какого нибудь члена подавляетъ дѣятельность его мышцъ, такъ что онѣ не дѣйствуютъ болѣе на кость, то и отростки также нѣсколько сглаживаются. Наконецъ, въ томъ случаѣ, когда параличъ члена существуетъ съ самаго рожденія, кость сохраняетъ почти неприкосновенною ту форму, которую она имѣла въ зародышевомъ состояніи, когда еще не была измѣнена функціею.

Сравнительная анатомія въ свою очередь также подтверждаетъ общій законъ, что чѣмъ длиннѣе отростокъ, тѣмъ большую энергію обнаруживаетъ мышца, которая къ нему прикрѣпляется. Дюранъ де Гро доказалъ съ замѣчательной ясностью вліяніе мышечной функціи на

Digitized by Google

форму и выгибъ плечевой кости у различныхъ видовъ животныхъ, какъ нынѣ живущихъ, такъ и ископаемыхъ. Такъ, по его наблюденіямъ, у крота, муравьѣда и многихъ млекопитающихъ, принадлежащихъ къ разряду роющихъ животныхъ, плечевая кость почти незамѣтна, до такой степени она усѣяна гребешками и уступами, служащими каждый прикрѣпленіемъ для какой нибудь сильной мышцы.

У хищныхъ животныхъ черепъ и нижняя челюсть носятъ на себѣ слѣды замѣчательно сильной мускулатуры. На черепѣ мы замѣчаемъ прежде всего глубокую впадину, какъ отпечатокъ громадныхъ височныхъ мышцъ; вокругъ этой впадины размѣщаются настоящіе гребни, дающіе солидное прикрѣпленіе мышцамъ, наконецъ, со стороны нижней челюсти видѣнъ большой и длинный отростокъ, доказывающій то страшное растяженіе, которое онъ испытывалъ при жевательныхъ движеніяхъ животнаго.

Но степень измѣняемости костей зависитъ сколько отъ интенсивности мышечной силы, столько и отъ продолжительности ея дѣйствія. Начиная съ дѣтства вплоть до старости, измѣненія скелета становятся все болѣе и болѣе рѣзкими; на основаніи этихъ измѣненій можно до извѣстной степени опредѣлить возрастъ субъекта. Геренъ показалъ, что у стариковъ позвонки имѣютъ болѣе длинные отростки, а ихъ дуги дѣлаются болѣе угловатыми и т. д. Сравните, напр., черепа молодой гориллы и старой, и вы найдете между ними такую рѣзкую разницу, что, если васъ не предупредить заранѣе, вы никогда не повѣрите, что это черепа одного и того же животнаго. Округленная форма молодаго черепа совершенно пропадаетъ на старомъ: на немъ выростаетъ особаго рода гребешокъ, напоминающій собою верхушку

Digitized by Google

каски и служащій мѣстомъ прикрѣпленія височной мышцы. Мы никогда не кончили бы, еслибы стали перечислять здѣсь всѣ измѣненія, которымъ подвергается скелетъ у различныхъ видовъ животныхъ, измѣненія, которыя идутъ наростая во все теченіе жизни животнаго.

Медицина также даетъ весьма любопытныя указанія относительно занимающихъ насъ вопросовъ. Такъ ей извѣстны случаи быстраго развитія уступовъ, извѣстныхъ подъ именемъ экзостозовъ, или костяныхъ наростовъ. При нѣкоторыхъ болѣзняхъ, поражающихъ весь организмъ, скелетъ покрывается на многихъ мѣстахъ подобными случайными наростами, которые развиваются всѣ въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ прикрѣплены мышцы, и при дальнѣйшемъ своемъ ростѣ идутъ въ томъ направленіи, въ которомъ мышца обыкновенно натягиваетъ кость. Поворотъ кости на ея оси принадлежитъ къ явленіямъ, которыя встрѣчаются довольно часто. Ш. Мартенъ, какъ уже замѣчено выше, показалъ, что у всѣхъ млекопитающихъ плечевая кость есть то же бедро, сдѣлавшее полуоборотъ вокругъ своей оси. По мнѣнію Гегенбэура, этотъ поворотъ гораздо слабѣе бываетъ выраженъ у зародыша, чѣмъ у ребенка, и еще болѣе усиливается съ возрастомъ, слѣдовательно, онъ отчасти происходитъ отъ причинъ, дѣйствующихъ уже при жизни особи. Хотя и нельзя отрицать, что зародышъ является на свѣтъ съ повернутой плечевой костью, тѣмъ неменѣе эта форма плеча можетъ быть разсматриваема какъ результатъ мышечной дѣятельности, накопленной многими поколѣніями земноводныхъ млекопитающихъ.

Поверхности суставовъ представляютъ особенный интересъ для изученія вліянія функціи на органъ. Если справедливо, что гладкость и кривизна этихъ поверхно-

Digitized by Google

стей происходитъ вслѣдствіе тренія ихъ другъ о друга, то на основаніи движеній, совершаемыхъ каждымъ такимъ суставомъ, легко опредѣлить и ту форму, которую онъ долженъ имѣть.

Наиболѣе сильнымъ движеніямъ должны соотвѣтствовать поверхности, кривизна которыхъ заключаетъ въ себѣ наибольшее число градусовъ. Напротивъ, движенія небольшихъ размѣровъ произведутъ поверхности, кривизна которыхъ должна быть не болѣе какъ въ нѣсколько градусовъ. Другими словами, радіусъ кривизны суставныхъ поверхностей будетъ короткій, когда движенія сустава очень обширны, и длинный—когда движенія ограниченны.

Прослѣдимъ съ этой точки зрѣнія суставы человѣческой ноги: вы видите, что въ голенно-пяточномъ суставѣ кривизна имѣетъ чрезвычайно малый радіусъ, вслѣдствіе большой подвижности ступни относительно голени. Въ пяткѣ же, по мѣрѣ того, какъ уменьшается подвижность костей,—увеличивается радіусъ кривизны. Такъ ладьеобразная кость, напр., имѣетъ уже суставныя поверхности съ чрезвычайно большимъ радіусомъ. Послѣдній еще болѣе увеличивается въ предплюсно-плюсновыхъ суставахъ, гдѣ движеніе крайне ограниченно; но оно снова уменьшается въ сочлененіяхъ плюсневыхъ костей съ фалангами пальцевъ и послѣднихъ между собою, т. е. именно тамъ, гдѣ вновь проявляется большая подвижность.

Извѣстно, что если движеніе сустава совершается лишь по одному направленію, то и его поверхность имѣетъ только одну кривизну. Таковы, напр., всѣ такъ-называемые блоковидные суставы, примѣры которыхъ мы видимъ въ локтѣ, сочлененіи нижней челюсти и т. д.

Но если движеніе совершается за разъ по двумъ направленіямъ, то и суставная поверхность имѣетъ двой-

Digitized by Google

ную кривизну, радіусы которыхъ будутъ различны, если амплитуды движеній обѣихъ поверхностей неодинаковы. Такъ ручная кисть совершаетъ довольно обширныя движенія сгибанія и разгибанія, но боковыя движенія ея ограничены. Оттого-то эллиптическая головка, образуемая костями запястья, имѣетъ кривизну съ небольшимъ радіусомъ, по направленію движенія сгибанія и разгибанія, тогда какъ по боковому направленію кривизна ея составляетъ окружность съ гораздо бо́льшимъ радіусомъ.

Еще любопытнѣе сравнивать поверхности суставовъ у различныхъ видовъ и у различныхъ классовъ животныхъ. Въ этомъ случаѣ одинъ и тотъ же суставъ представляетъ движенія въ высшей степени разнообразныя, что̀ неизбѣжно должно вести за собою не менѣе важныя различія и въ формѣ его поверхностей.

Возьмемъ для примѣра головку плечевой кости и прослѣдимъ за измѣненіемъ ея формы у человѣка, обезьяны, хищныхъ, травоядныхъ и птицъ. Мы увидимъ, что одинаково обширнымъ движеніямъ, которыя плечо человѣка можетъ выполнить во всѣхъ направленіяхъ, соотвѣтствуетъ совершенная шаровидность его головки, другими словами, головка эта во всѣхъ направленіяхъ имѣетъ кривизну съ одинаковымъ радіусомъ.

Что касается до обезьянъ, то у тѣхъ изъ нихъ, которыя при движеніи опираются на переднія свои конечности, головка плечевой кости приплюснута сверху, какъ бы отъ тяжести тѣла. Кромѣ того, такъ какъ движенія при ходьбѣ обыкновенно бываютъ наиболѣе обширными движеніями, то и кривизна головки является у этихъ животныхъ съ наименьшимъ радіусомъ, по направленію спереди назадъ. Это измѣненіе становится гораздо замѣтнѣе у хищныхъ и особенно у травоядныхъ, у которыхъ головка плечевой кости, сплюснутая сверху, имѣетъ

Digitized by Google

наименьшій радіусъ кривизны по направленію движеній, способствующихъ ходьбѣ и сосредоточивающихся главнымъ образомъ въ этомъ сочлененіи.

У птицъ сочлененіе плеча совершаетъ двоякаго рода движенія не одинаковыхъ размѣровъ: одно состоитъ въ распусканіи и складываніи крыльевъ, причемъ локтевой сгибъ то удаляется отъ тѣла, то приближается къ нему, и другое—вообще крайне ограниченное—совершается по направленію перпендикулярному къ первому и производитъ то, что называется ударомъ крыла.

Этимъ двумъ движеніямъ неравныхъ размѣровъ соотвѣтствуютъ и кривизны различныхъ радіусовъ: большему движенію распусканія и складыванія крыльевъ соотвѣтствуетъ кривизна съ короткимъ радіусомъ, а меньшему, производящему поднятіе и опусканіе крыльевъ при полетѣ,—кривизна съ чрезвычайно большимъ радіусомъ. Отсюда тотъ продолговатый эллипсисъ, который представляетъ собою головка плечевой кости у птицъ на поверхности сустава.

Но извѣстно, что размѣры движенія при полетѣ бываютъ неодинаковы у различныхъ видовъ птицъ. Птицы, извѣстныя подъ именемъ парусниковъ ударяютъ крыльями очень слабо, тогда какъ, напр., голубь, въ моментъ своего подъема, ударяетъ однимъ крыломъ о другое, сверху и снизу, производя при этомъ всѣмъ знакомое хлопанье.

Этому различію въ размѣрахъ движенія соотвѣтствуютъ извѣстныя различія въ формѣ головки плечевой кости, которая у парусниковъ имѣетъ продолговатую эллиптическую поверхность, у голубей приближается къ шаровидной формѣ, а у пингвина представляетъ совершенный шаръ.

Однимъ словомъ, форма костной системы повсюду но-

Digitized by Google

сить на себѣ слѣды посторонняго вліянія, преимущественно вліянія мышцъ. Можно сказать, что нѣтъ въ скелетѣ ни одного вдавленія, ни одного выступа, происхожденіе которыхъ не могло бы быть отнесено къ какому нибудь внѣшнему дѣйствію, вліявшему на костное вещество, либо углубляя его, либо вытягивая наружу. Такъ что сравненіе костнаго вещества съ мягкимъ воскомъ не заключаетъ въ себѣ ничего метафорическаго; оно дѣйствительно принимаетъ всѣ формы, которыя налагаются на него внѣшними вліяніями, и, несмотря на свою твердость, менѣе способно къ сопротивленію, чѣмъ болѣе мягкія ткани.

Спрашивается теперь, исчезаетъ ли эта новая форма, выработанная дѣйствіемъ функціи, вмѣстѣ съ индивидуумомъ и нельзя ли найти хотя бы нѣкоторые слѣды ея у потомковъ? распространяется ли наслѣдственность на эти пріобрѣтенныя качества, или она дѣлаетъ тутъ исключеніе?—Послѣднее невѣроятно; а между тѣмъ необходимо отвергнуть такую передачу, если желаемъ отвергнуть гипотезу измѣненія видовъ. Для того, чтобы имѣть право не признавать за извѣстными анатомическими особенностями способности передачи, намъ приходится создать гипотезу, которая радикальнымъ образомъ измѣняетъ законы наслѣдственности.

Измѣняемость мышечной системы.

Мы видѣли какимъ образомъ костная система подчиняется различнаго рода внѣшнимъ вліяніямъ и преимущественно вліянію мышцъ, придающихъ костямъ ихъ наличную форму. Разнообразіе въ формѣ скелета у различныхъ животныхъ видовъ находится, слѣдовательно,

Digitized by Google

въ связи съ различіемъ въ ихъ мышечной системѣ. Такъ что всякій разъ, какъ кости различныхъ животныхъ видовъ представляютъ нѣкоторые сходные признаки, мы можемъ съ вѣроятностью заключить и о сходствѣ соотвѣтствующихъ мышцъ. Напротивъ, если у животнаго замѣчается кость совершенно особенной формы, то мы можемъ быть напередъ увѣрены, что какая нибудь особенность существуетъ и въ мышцѣ, которая къ ней прикрѣпляется.

Но если такимъ образомъ кости и мышцы измѣняются всегда совмѣстно, то спрашивается, какая причина производитъ это измѣненіе за разъ въ обоихъ органахъ? Мы понимаемъ, что скелетъ, когда онъ измѣняется, играетъ чисто пассивную роль, т. е. онъ воспринимаетъ ту форму, какую даетъ ему мышца. Но что заставляетъ измѣняться мышцу, органъ по преимуществу активный, настоящій родникъ той механической силы, которая собственно и производитъ видоизмѣненіе скелета? Какая сила придаетъ мышцамъ тѣ спеціальныя формы, которыя показываетъ намъ анатомія?

Мы надѣемся доказать, что эта сила, которой подчиняется форма мышцъ, принадлежитъ нервной системѣ. Характеръ дѣйствій, которыя воля приказываетъ исполнять мышцамъ, измѣняетъ и объемъ, и форму послѣднихъ, съ цѣлью пріурочить ихъ къ возможно лучшему выполненію предписанныхъ имъ дѣйствій. А такъ какъ надъ волею существуетъ еще нѣчто другое, заправляющее всѣми дѣйствіями животной жизни, а именно *необходимость*, то въ концѣ концевъ всѣ формы живыхъ существъ являются результатомъ этой необходимости, которая управляетъ ими сообразно законамъ, которые мы должны стараться опредѣлить.

Ничто въ органической формѣ не есть дѣло случая.

Digitized by Google

Богатое разнообразіе живыхъ формъ не разъ сравнивалось съ блестящими фантазіями архитектора, воздвигающаго на общемъ фонѣ тысячу разнообразныхъ деталей, какъ музыкантъ создаетъ варіаціи на данную тему.

Но что касается занимающаго насъ предмета, то мы можемъ смѣло сказать, что великое разнообразіе мышечнаго аппарата (въ разныхъ ли частяхъ у одного и того же животнаго, или въ сходныхъ органахъ различныхъ животныхъ), различія въ объемѣ и длинѣ мышцъ, неравномѣрное распредѣленіе въ нихъ красныхъ или сократительныхъ волоконъ и бѣлыхъ или инертныхъ волоконъ сухожилій,—все это вполнѣ и неизмѣнно подчинено динамическимъ законамъ мышечной функціи.

Приспособленіе формы мышцы къ потребностямъ ея функціи. Нормальная анатомія показываетъ намъ одни лишь примѣры гармоніи между разъ данною формою органа и его привычной функціей. Одинъ только опытъ въ состояніи разъяснить, дѣйствительно ли, измѣняя отправленія органа, мы можемъ вызвать такія измѣненія въ его формѣ, которыя поставятъ его въ гармонію съ новыми условіями его дѣятельности. Подобный опытъ далеко не представляетъ особыхъ трудностей. Разъ извѣстно направленіе, въ какомъ должно происходить органическое измѣненіе, чтобъ пріурочить органъ къ его новой функціи,—измѣненія, которыя произойдутъ у животныхъ, поставленныхъ въ новыя условія мышечной дѣятельности, получаютъ совершенно опредѣленное значеніе. Но въ ожиданіи, пока эта широкая задача будетъ выполнена, воспользуемся тѣми опытами, которые уже сдѣланы и которые даетъ намъ патологическая анатомія.

Медицина и хирургія изобилуютъ фактами, имѣющими громадное значеніе для нашей задачи. Такъ, онѣ показы-

Digitized by Google

ваютъ, что движеніе поддерживаетъ жизнь мышцъ. Продолжительный покой мышцы приводитъ за собою уменьшеніе ея объема и затѣмъ перерожденіе элементовъ, ее составляющихъ. Жировыя тѣльца мало по малу вытѣсняютъ струйчатое волокно, этотъ нормальный элементъ мышцы, пока, наконецъ, скопляясь все въ большемъ и большемъ количествѣ, совершенно не уничтожаютъ мышечное вещество.

За періодомъ разрушенія или жироваго перерожденія слѣдуетъ всасываніе мышечнаго вещества, и такимъ образомъ, по истеченіи нѣкотораго времени отъ мышцы не остается и слѣдовъ.

Такимъ образомъ, нетолько объемъ мышцы возрастаетъ и уменьшается, смотря по энергіи, съ которою совершается ея функція, но она совершенно исчезаетъ, когда эта функція почему нибудь пріостановлена. Подобное явленіе можно наблюдать во всѣхъ случаяхъ паралича, когда уничтожена нервная дѣятельность при нѣкоторыхъ вывихахъ, когда оба прикрѣпленія мышцы сближаются настолько, что всякое движеніе оказывается безполезнымъ; наконецъ, при переломахъ или анкилозахъ (неподвижность сустава), которыя, вслѣдствіе преждевременнаго срощенія костей, дѣлаютъ неподвижными оба конца мышцы и препятствуютъ сокращенію волоконъ.

Но что бываетъ въ томъ случаѣ, когда мышца, не теряя окончательно своей функціи, испытываетъ измѣненія лишь въ объемѣ совершаемыхъ ею движеній? Подобное явленіе происходитъ, напр., при нѣкоторыхъ неполныхъ анкилозахъ или вывихахъ: суставы теряютъ въ большей и меньшей степени свою подвижность, и потому мышцамъ, заправляющимъ сгибаніемъ и разгибаніемъ, приходится укорачиваться не по всей своей длинѣ, а лишь на нѣкоторую часть ея.

Digitized by Google

Если установленная нами теорія вѣрна, то эти мышцы должны уменьшаться въ длинѣ. Для подтвержденія этого факта, обратимся снова къ патологической анатоміи.

Лѣтъ двадцать тому назадъ возгорѣлась жаркая полемика по поводу вопроса о тѣхъ превращеніяхъ, которыя происходятъ въ мышцахъ у людей косолапыхъ. У такихъ людей ступня бываетъ то вывихнута такъ, что она упирается въ землю тыльной своей поверхностью, то она вытянута до того, что больной вынужденъ ходить на пальцахъ. Но въ томъ и другомъ случаѣ дѣятельность голенныхъ мышцъ оказывается крайне ограниченною, и онѣ подвергаются или жировому, или фиброзному перерожденію. Тѣ изъ нихъ, которыя остаются безъ всякаго движенія, превращаются въ жиръ и исчезаютъ; другія же, дѣятельность которыхъ отчасти еще сохранилась, представляютъ измѣненіе лишь въ отношеніяхъ мясистой части къ сухожилію. У нихъ сократительное вещество уменьшается въ длинѣ и замѣняется сухожиліемъ, которое достигаетъ иногда громадныхъ размѣровъ.

Указывая на это фиброзное перерожденіе мышцъ, Геренъ видѣлъ въ немъ доказательство того, что сначала происходитъ уменьшеніе длины мышцы, а затѣмъ уже вывихъ ноги. Знаменитый хирургъ предполагалъ между прочимъ, что фиброзное измѣненіе составляетъ единственное патологическое явленіе въ занимающемъ насъ уродствѣ. Напротивъ, Скарпа поддерживалъ то мнѣніе, что въ большинствѣ случаевъ вывихъ ноги есть первичное явленіе.

Что касается до характера мышечныхъ измѣненій, то въ этомъ отношеніи всѣ современные хирурги согласно допускаютъ, что они могутъ проявляться въ

Digitized by Google

двухъ различныхъ формахъ и что мышца то подвергается жировому перерожденію, то превращается въ фиброзную ткань. Замѣчательнымъ работамъ Крювелье наука, главнымъ образомъ, обязана разъясненіемъ условій, при которыхъ происходятъ оба указанныя измѣненія мышечнаго вещества.

Примѣръ лучше всего уяснитъ намъ, что происходитъ въ мышцѣ, когда ея функція прекращается или просто ограничивается въ объемѣ.

Икры состоятъ изъ двухъ мышцъ, точки прикрѣпленія и функціи которыхъ совершенно различны. Внизу обѣ онѣ прикрѣпляются къ пяточной кости посредствомъ Ахиллесовой жилы и, слѣдовательно, производятъ разгибаніе ступни. Но зато ихъ верхнія прикрѣпленія совершенно различны; подошвенная мышца, прикрѣпленная исключительно къ берцовымъ костямъ, не имѣетъ другой роли, кромѣ разгибателя ступни; напротивъ, *двойниковая* мышца, прикрѣпленная къ бедру, надъ его отростками, имѣетъ другое назначеніе, а именно: сгибать голень къ бедру.

Предположимъ, что въ ступнѣ произошелъ анкилозъ; немедленнымъ слѣдствіемъ этого будетъ уничтоженіе функціи подошвенной мышцы, которая подтвергнется жировому перерожденію и исчезнетъ; двойниковая мышца очутится, напротивъ, въ иномъ положеніи: если она и утратитъ свое дѣйствіе на пятку, то у нея остается еще другая функція: сжиманіе ноги къ бедру; слѣдовательно, вся перемѣна относительно этой мышцы ограничится лишь уменьшеніемъ объема ея движеній. При этихъ условіяхъ двойниковая мышца должна претерпѣвать лишь уменьшеніе въ длинѣ своихъ волоконъ, т. е. то видоизмѣненіе, которое хирурги называютъ частнымъ фибрознымъ перерожденіемъ и которое, съ нашей точки зрѣ-

Digitized by Google

нія, есть ничто иное, какъ измѣненіе въ отношеніяхъ между красною частью мышцы и ея сухожиліемъ.

Кто привыкъ видѣть въ патологіи полное нарушеніе физіологическихъ законовъ, тотъ будетъ конечно крайне изумленъ, что мы прибѣгаемъ къ вывихамъ и анкилозамъ для подтвержденія закона, управляющаго нормальной формой мышечной системы. Намъ ничего не стоило бы доказать неосновательность подобнаго взгляда на патологію, но мы считаемъ болѣе удобнымъ привести еще нѣсколько примѣровъ, которые стояли бы внѣ упрековъ, такъ часто дѣлаемыхъ примѣненію медицины къ физіологіи

Мы вновь обратимся къ Герену и позаимствуемъ у него необходимые для насъ факты.

Разсматривая мышечную систему въ различныя эпохи жизни, мы замѣчаемъ, что наружный видъ ея значительно измѣняется. Повидимому, она также имѣетъ свои совершенно опредѣленные возрасты и, состоя первоначально изъ сократительнаго вещества, она, старѣя, теряетъ мало по малу свои красныя волокна, которыя замѣняются бѣлыми и блестящими волокнами сухожилія.

Такъ, діафрагма у лѣтей состоитъ большею частью изъ мышечнаго вещества, между тѣмъ какъ у стариковъ апоневротическій центръ, образующій настоящее сухожиліе діафрагмы, бываетъ увеличенъ насчетъ сократительныхъ волоконъ. Замѣна мышечнаго волокна сухожиліемъ еще яснѣе проявляется въ мышцахъ голени; въ дѣтствѣ онѣ гораздо богаче сократительнымъ веществомъ, чѣмъ въ зрѣломъ возрастѣ; наконецъ, у стариковъ сухожиліе совершенно почти поглощаетъ мышцу, такъ что остатокъ икряной мышцы помѣщается очень высоко и она становится чрезвычайно короткою. Тоже самое за-

Digitized by Google

мѣчается и на подвздошно-поясничныхъ и спинныхъ мышцахъ; къ старости онѣ становятся крайне бѣдны красными волокнами и очень богаты сухожиліями.

Чтоже происходитъ съ мышечной функціей въ эти различные періоды жизни? Извѣстно, что, за исключеніемъ тѣхъ крайне рѣдкихъ случаевъ, когда человѣкъ постоянно поддерживаетъ дѣятельность своихъ мышцъ гимнастикой, мышечная функція все болѣе и болѣе съуживается, по крайней мѣрѣ относительно объема движеній. Сочлененія конечностей и позвоночнаго столба подвергаются до нѣкоторой степени неполному анкилозу, вслѣдствіе чего все болѣе и болѣе ограничивается подвижность туловища.

Взгляните на играющаго ребенка; одно изъ наиболѣе любимыхъ и обыкновенныхъ его движеній,—игра съ своею собственною ногою; онъ беретъ ее въ руки, подноситъ ко рту и находитъ это вполнѣ естественнымъ и до нельзя легкимъ дѣломъ. У зрѣлаго человѣка мышечная сила достигаетъ своего максимума, но его движенія ограниченнѣе, чѣмъ у ребенка, въ его членахъ, какъ говорятъ, нѣтъ уже прежней гибкости. Старикъ же не въ состояніи ни согнуться, ни разогнуться вдругъ; его позвоночный столбъ потерялъ свою гибкость; онъ дѣлаетъ только небольшіе шаги; ему въ высшей степени трудно присѣсть на ноги, и если заставить его производить ногами движенія сгибанія и разгибанія, то увидимъ, что эти движенія стали крайне ограниченны.

Такимъ образомъ, функція мышцы измѣняется съ возрастомъ и, ограничиваясь все болѣе и болѣе, пускаетъ въ дѣло все меньшій отрѣзокъ сократительныхъ волоконъ. Вотъ естественное объясненіе тѣхъ мышечныхъ измѣненій, о которыхъ мы говорили. Но можно задержать ходъ этихъ измѣненій, заключающихся въ возра-

Digitized by Google

станіи сухожильнаго элемента насчетъ краснаго волокна, если посредствомъ соотвѣтственныхъ упражненій постоянно поддерживать нормальные размѣры мышечнаго движенія.

Обратимся вновь къ сравнительной анатоміи. Если она покажетъ намъ, что между формою мышцъ у различныхъ видовъ животныхъ и характеромъ ихъ мышечныхъ отправленій существуетъ полнѣйшая гармонія, то не будемъ ли мы вправѣ заключать изъ этого, что органъ вполнѣ подчиненъ функціи. Если скаковая лошадь, подъ вліяніемъ особенной дрессировки, измѣняетъ свою форму, то не ясно ли, что отправленія животнаго извѣстнымъ образомъ опредѣляютъ собою анатомическую организацію. Точно также, когда искусственно измѣненный видъ, очутившись въ прежнихъ условіяхъ жизни, возвращается къ своему первобытному типу, то не является ли это косвеннымъ подтвержденіемъ теоріи, приписывающей функціи роль преобразователя относительно органа?

Между тѣмъ защитники неизмѣняемости видовъ съумѣли и эти факты объяснить въ свою пользу. Въ фактѣ возвращенія къ первоначальному типу, когда видоизмѣняющія условія перестаютъ дѣйствовать, они видятъ наиболѣе сильный аргументъ въ пользу справедливости своей теоріи.

Какой же выводъ мы можемъ сдѣлать въ виду подобныхъ противорѣчій? А тотъ выводъ, что защитники теоріи превращенія видовъ далеко еще не у конца своей задачи, что имъ нужно прибавить еще не мало доказательствъ къ тѣмъ, которыя уже представлены. Но въ этомъ отношеніи главная роль должна принадлежать опыту. Этимъ, конечно, я не хочу сказать, что теорія тутъ не при чемъ. Напротивъ, указывая въ какомъ направленіи тотъ или другой родъ дѣятельности

Digitized by Google

долженъ измѣнить ту или другую мышцу, она то и даетъ настоящую цѣну тѣмъ измѣненіямъ, которыя будутъ опредѣлены опытомъ. Мало того, безъ этой теоріи экспериментаторы часто не въ состояніи были бы опредѣлить измѣненія, которыя могутъ произойти. Въ анатоміи обыкновенно находятъ лишь то, что стараются найти, въ особенности, когда дѣло идетъ о незначительныхъ измѣненіяхъ, въ родѣ тѣхъ, которыя мы вправѣ надѣяться произвести въ организмѣ животныхъ.

Такого рода опыты, конечно, будутъ очень трудны и продолжительны; но нетрудно указать планъ, по которому они должны быть произведены. Когда человѣкъ, пріурочивая къ своимъ нуждамъ домашнихъ животныхъ, до нѣкоторой степени измѣняетъ ихъ организацію, онъ, такъ сказать, дѣлаетъ это чисто наугадъ. Имѣя, напр., въ виду получить упряжныхъ или скаковыхъ лошадей, ему нѣтъ надобности ставить ихъ въ совершенно исключительныя условія. А между тѣмъ это-то именно и нужно сдѣлать, если имѣютъ въ виду разрѣшать научную задачу, о которой мы говоримъ, и довести измѣненія въ условіяхъ механической работы животныхъ до предѣловъ возможнаго.

Человѣкъ просто утилизировалъ способности различныхъ животныхъ, а вовсе не думалъ о томъ, чтобы придать имъ новыя; съ этою цѣлью необходимо было бы насиловать привычки животныхъ и постепенно пріучать ихъ къ такого рода дѣйствіямъ, которымъ съ трудомъ поддается ихъ натура. Заставьте животное, которое плохо приспособлено къ прыганью, добывать себѣ пищу не иначе, какъ перескакивая чрезъ рядъ преградъ, постепенно возрастающихъ, то можете надѣяться, что современемъ вамъ удастся развить въ немъ способность прыгать. Если потомки такого животнаго удержатъ хотя бы

Digitized by Google

и въ незначительной степени качество, пріобрѣтенное ихъ предкомъ, то въ нихъ вѣроятно можно будетъ еще болѣе развить эту способность. Увеличивая такимъ образомъ усилія, налагаемыя на извѣстный видъ,—и при томъ не съ утилитарною цѣлью, гдѣ нѣтъ никакого интереса переходить за извѣстныя предѣлы,—и развивая до безконечности силу или размѣры движенія его мышцъ, мы можемъ надѣяться, что и анатомическія измѣненія также увеличатся до безконечности, и что въ концѣ концевъ мы въ состояніи будемъ произвести нѣчто аналогичное тому, что въ настоящее время называется переходомъ отъ одного вида въ другой.

То, что мы сказали о мышечной функціи, примѣняется и ко всякаго рода другимъ отправленіямъ. Измѣняя, напр., постепенно условія питанія животнаго, условія свѣта и темноты, температуры, атмосфернаго давленія, можно произвести въ ихъ организмѣ измѣненія, подобныя тѣмъ, какія, по указаніямъ зоотехниковъ, появляются подъ вліяніемъ различій въ климатѣ, средѣ и всей внѣшней обстановкѣ, при которыхъ извѣстный видъ живетъ въ естественномъ состояніи. Если производить эти измѣненія методически и постоянно въ одномъ и томъ же направленіи, то очень можетъ статься, что удастся вызвать въ организмѣ животнаго весьма важныя превращенія, особенно если постоянно накоплять полученные однажды результаты, какъ то дѣлаютъ заводчики при разведеніи племени.

Но не будемъ вдаваться больше въ сферу гипотезъ, а ограничимся лишь воззваніемъ къ ревности и усердію экспериментаторовъ. Многіе изъ нихъ уже взялись за это дѣло, важность котораго они вполнѣ поняли. Что касается до человѣческаго вида, то что̀ можетъ быть важнѣе вопроса о томъ: *измѣняется ли нашъ видъ или*

Digitized by Google

нѣтъ? Можно ли, смотря по направленію, какое ему будетъ сообщено, вести его къ усовершенствованію или къ вырожденію?

Digitized by Google

КНИГА ВТОРАЯ.

ФУНКЦІИ: ПЕРЕДВИЖЕНІЕ ПО ЗЕМЛѢ.

ГЛАВА I.

О ПЕРЕДВИЖЕНІИ ВООБЩЕ.

Условія, общія всѣмъ родамъ передвиженія; сравненіе Борелли.—Гипотеза противодѣйствія земли.—Классификація формъ передвиженія сообразно ихъ точкамъ опоры: передвиженіе по землѣ, воздуху и водѣ.—Распредѣленіе мышечной силы между точкою опоры и массою тѣла.—Безполезная потеря работы при подвижности точки опоры.

Самая характеристическая форма движеній, свойственныхъ животнымъ, есть, безъ сомнѣнія, передвиженіе. Это тотъ актъ, въ силу котораго животное сообразно своей природѣ можетъ переноситься съ одного мѣста на другое: на землѣ, по воздуху или въ водѣ. На этой формѣ всего удобнѣе изучать движеніе вообще, такъ какъ въ ней мы встрѣчаемся съ самыми разнообразными типами движенія.

Прежде всего слѣдовало бы, конечно, представить общія свойства изслѣдуемой нами функціи и указать на

Digitized by Google

тѣ законы, которые обнаруживаются во всѣхъ видахъ и проявленіяхъ передвиженія. Но мы не знаемъ труднѣе задачи, чѣмъ сближеніе актовъ, столь различныхъ, какъ летаніе и ползаніе, бѣгъ лошади и плаваніе рыбы. Тѣмъ не менѣе попытки этого рода сдѣланы были уже много разъ. Такъ Борелли пытался объяснить различные виды передвиженія по землѣ, сравнивая ихъ съ тѣми движеніями, которыя производитъ лодочникъ, управляя своею лодкою. И надо признаться, что его сравненіе, развитое и дополненное надлежащимъ образомъ, въ самомъ дѣлѣ можетъ до нѣкоторой степени уяснить механизмъ главныхъ типовъ передвиженія.

Представимъ себѣ человѣка, сидящаго въ лодкѣ, по срединѣ спокойнаго озера. Лодка его, разумѣется, будетъ стоять совершенно неподвижно. Для того, чтобы сдвинуть ее съ мѣста, ему прежде всего нужно отыскать такъ называемую *точку опоры*. Предположимъ, что у него въ рукахъ шестъ; онъ погрузитъ его въ воду и постарается достать дно озера; затѣмъ, употребивъ извѣстное усиліе, какъ бы для того, чтобы оттолкнуть опору, которая оказываетъ сопротивленіе, ему удастся подвинуть лодку въ обратномъ направленіи. Это движеніе впередъ, при точкѣ опоры на твердой почвѣ, напоминаетъ собою обыкновенныя условія передвиженія по землѣ.

Представимъ себѣ теперь, что у лодочника есть багоръ съ крючкомъ на концѣ; это даетъ ему возможность искать точки опоры въ совершенно иномъ направленіи; зацѣпляя крючкомъ за вѣтви деревъ или за неровности берега, онъ станетъ тянуть багоръ къ себѣ, какъ бы для привлеченія тѣхъ тѣлъ, за которыя онъ схватился при помощи крючка, и, если эти тѣла окажутъ сопротивленіе, то лодка сдвинется съ мѣста и приблизится къ этимъ тѣламъ.

Digitized by Google

Вотъ два противоположныя движенія впередъ при помощи твердыхъ опоръ; въ одномъ случаѣ, мы стараемся оттолкнуть эту опору, въ другомъ—притянуть ее къ себѣ, но въ обоихъ случаяхъ результатъ получается одинъ и тотъ же.

Но если озеро такъ глубоко, а берегъ настолько удаленъ, что они не могутъ служить опорой, какъ въ вышеприведенныхъ случаяхъ, то приходится искать этой опоры въ самой водѣ. Вооружившись плоскимъ весломъ, лодочникъ старается отбрасывать воду назадъ за лодку; вода сопротивляется этому толчку, и лодка, въ силу обратнаго толчка, плыветъ по направленію впередъ; руль, винтовые и колесные механизмы, словомъ, всѣ двигатели, которыми мы пользуемся для плаванія, носятъ тотъ же общій характеръ: они отбрасываютъ воду назадъ и тѣмъ сообщаютъ лодкѣ движеніе, которое гонитъ ее въ противоположномъ направленіи впередъ.

Вмѣсто веселъ, дѣйствующихъ на воду, можно представить себѣ, что лодочникъ вооруженъ широкой лопатой, которою онъ ударяетъ по воздуху, гоня его назадъ: и въ этомъ случаѣ лодка будетъ двигаться впередъ въ противоположномъ направленіи. То же движеніе впередъ можно достигнуть, дѣйствуя на воздухъ вращательнымъ механизмомъ, въ родѣ крыльевъ вѣтряной мельницы, или же махая по воздуху натянутой назади лодки, въ видѣ вѣера, парусиной, которая гнала бы воздухъ по направленію, противоположному тому, куда желаютъ направить лодку.

Во всѣхъ этихъ случаяхъ передвиженія тратится извѣстная сила, толкающая въ противоположныхъ направленіяхъ два тѣла, болѣе или менѣе оказывающія сопротивленіе, изъ которыхъ одно есть опора, а другое—тѣло, подлежащее перемѣщенію.

Digitized by Google

Древніе называли *сопротивленіемъ* ту силу, которая дѣйствуетъ на лодку. Они представляли себѣ это сопротивленіе въ видѣ силы, истекающей изъ почвы, воды или другаго какаго либо предмета, на который упираетъ гребецъ. Въ настоящее время всѣ понимаютъ, что вся двигательная сила идетъ отъ гребца. Эта сила можетъ имѣть цѣлью либо оттолкнуть два пункта, на которые она дѣйствуетъ, либо сблизить ихъ. Въ обоихъ случаяхъ одинъ изъ пунктовъ можетъ оказаться неподвижнымъ: тогда перемѣстится только другой; но иногда оба бываютъ подвижны и тогда, смотря по степени своей подвижности, одинъ перемѣстится болѣе, чѣмъ другой.

Этотъ общій принципъ можетъ быть приложенъ ко всѣмъ случаямъ передвиженія; онъ даетъ намъ возможность уяснить себѣ различные типы этого движенія, къ которымъ мы теперь и перейдемъ.

Самою естественною классификаціей, по нашему мнѣнію, будетъ та, которая основывается на природѣ точекъ опоры. Съ этой точки зрѣнія мы можемъ установить три главныя формы передвиженія: *земное*, *водное* и *воздушное*. Но какое разнообразіе механизмовъ встрѣчаемъ мы въ каждой изъ этихъ формъ? Если и справедливо, что ходьба и ползанье представляютъ собою два главныхъ типа передвиженія по землѣ, что плаванье есть наиболѣе частая форма передвиженія въ водѣ, а летаніе—передвиженія по воздуху, то все таки существуютъ такого рода среды, въ которыхъ многія изъ этихъ формъ происходятъ одновременно. Такъ, ходьба и ползанье происходятъ какъ на землѣ, такъ и въ водѣ; летанье обыкновенно имѣетъ мѣсто въ воздухѣ, но есть птицы, которыя и въ водѣ производятъ нѣчто, очень похожее на летанье. Наконецъ, переходя къ установленію частныхъ типовъ передвиженія, свойственныхъ отдѣльнымъ животнымъ, мы

Digitized by Google

встрѣчаемъ новыя затрудненія. Въ самомъ дѣлѣ, нѣкоторыя животныя способны передвигаться съ одинаковою легкостью и по землѣ, и въ водѣ, и по воздуху. Поэтому мы отказываемся отъ изыскиванія вполнѣ систематической классификаціи всѣхъ видовъ передвиженія и ограничимся лишь общимъ ихъ обзоромъ.

Передвиженіе по землѣ представляетъ два главныхъ типа: одинъ, при которомъ сила стремится оттолкнуть опору по направленію, обратному движенію перемѣщающагося тѣла. Это передвиженіе наиболѣе употребительное; сюда относятся: ходьба, бѣгъ, прыганіе. На этотъ конецъ члены, предназначенные для совершенія передвиженія и составленные изъ цѣлаго ряда твердыхъ рычаговъ, обладаютъ способностью измѣнять свою длину; они укорачиваются путемъ сгибанія подъ угломъ суставовъ и снова удлиняются вслѣдствіе вытягиванія послѣднихъ. Если согнутая голень упирается своею оконечностью въ землю, и если при этомъ мышечная сила стремится выпрямить голень, то это выпрямленіе можетъ произойти лишь въ томъ случаѣ, когда удалятся другъ отъ друга, съ одной стороны, земля, въ которую упираетъ голень, а съ другой тѣло животнаго, сидящее своей массой на голени. Но земля оказываетъ сопротивленіе, и потому тѣло, уступая толчку, перемѣщается. Часто вмѣсто удлиненія члена, производящаго передвиженіе, послѣднее происходитъ вслѣдствіе измѣненія угла, образуемаго тѣломъ животнаго и этимъ членомъ.

Второй типъ—ползанье, въ сущности есть ни что иное какъ притягиваніе тѣла животнаго къ точкѣ опоры. Животное прикрѣпляется частью своего тѣла къ какой нибудь внѣшней неподвижной точкѣ, и затѣмъ перетягиваетъ всю остальную часть тѣла по направленію къ этой точкѣ. Возьмемъ напр. слизняка и помѣстимъ его

Digitized by Google

на прозрочное стеклышко; по прошествіи нѣсколькихъ мгновеній онъ начнетъ ползти. Перевернемъ стеклышко и будемъ сквозь него слѣдить за всѣми деталями происходящаго движенія. По всей длинѣ животнаго появляется рядъ поперечныхъ лентъ, то свѣтлыхъ, то темныхъ, то матовыхъ, то прозрачныхъ. Эти ленты не перестаютъ подвигаться впередъ отъ хвоста животнаго къ головѣ его, точно спирали винта, вращающагося безпрерывно въ одномъ и томъ же направленіи. Если мы прослѣдимъ за одною изъ этихъ лентъ у самаго хвоста, то замѣтимъ, что она направляется къ головѣ, куда и является по истеченію 15—20 секундъ, но въ сопровожденіи цѣлаго ряда такихъ же лентъ, какъ бы зарождающихся позади ея, помѣрѣ того какъ она подвигается впередъ. Эти ленты напоминаютъ собою, только въ большихъ размѣрахъ, мышечную волну и ея движенія вдоль сократительнаго волокна. Всякій разъ, когда такая волна достигнетъ головы животнаго, она исчезаетъ, производя удлиненіе головы, которая скользитъ слегка по поверхности стеклышка, подается нѣсколько впередъ и останавливается; кажется, будто голова составляетъ неподвижную точку опоры, къ которой постепенно перетягивается всѣ тѣло животнаго. Въ задней же части тѣла замѣчается совершенно обратное явленіе; возникновеніе каждой новой ленты влечетъ за собою укороченіе этой части, которая скользитъ впередъ, точно влекомая сокращающеюся вдоль тканью.

Не менѣе любопытны и другіе виды ползанья, напр., ползанье червя, когда онъ пробирается чрезъ земляной ходъ, вырытый имъ самимъ. Задняя часть тѣла червя, растяжимая и мягкая, гораздо тоньше, чѣмъ ширина этого хода, а между тѣмъ попробуйте вытащить его оттуда: вы скорѣе разорвете его на куски, чѣмъ вытянете

Digitized by Google

цѣликомъ; это потому, что внутри земли передняя часть тѣла его, сокращаясь и раздуваясь, наполняетъ собою весь каналъ и такимъ образомъ находитъ себѣ твердую точку опоры. Пугните червя, и онъ однимъ быстрымъ сокращеніемъ войдетъ весь въ землю, притягиваемый заднею частью тѣла, нашедшею себѣ твердую опору.

Рядомъ съ ползаньемъ можно поставить и карабканье, при которомъ переднія конечности, упираясь въ какой нибудь выдающійся предметъ и сгибаясь, притягиваютъ къ себѣ остальное тѣло; когда задняя часть укрѣпится на новомъ мѣстѣ, переднія конечности освобождаются и начинаютъ отыскивать новую опору, гдѣ нибудь еще выше Не правда ли, какое разнообразіе типовъ въ этихъ двухъ видахъ передвиженія по землѣ! Разнообразіе это такъ громадно, что для того, чтобы дать о немъ точное представленіе, необходимо было бы описать всѣ способы движенія, свойственные каждому отдѣльному животному.

Передвиженіе въ водѣ представляетъ еще большее разнообразіе. Здѣсь рыба ударяетъ по водѣ хвостомъ плашмя, тамъ какая нибудь каракатица или медуза, сдавливая быстро свой мѣшокъ, наполненный жидкостью, выбрасываетъ воду въ одномъ направленіи, а сама устремляется въ противоположномъ; далѣе мы видимъ моллюска, который стремительно закрываетъ створки своей раковины и бросается впередъ въ обратномъ направленіи къ произведенному имъ току воды; личинка стрекозы выбрасываетъ изъ своихъ кишекъ сильную струю жидкости и такимъ способомъ пріобрѣтаетъ сильное и быстрое движеніе.

У многихъ насѣкомыхъ, бѣгающихъ по водѣ, мы видимъ нѣчто вродѣ *весла*. Другія же употребляютъ для этой цѣли *руль*. При посредствѣ этого послѣдняго

Digitized by Google

двигателя совершаются всѣ тѣ движенія, гдѣ наклонная плоскость, перемѣщаясь въ водѣ и напирая на нее въ косвенномъ направленіи, встрѣчаетъ въ ея сопротивленіи двѣ составляющія силы, изъ которыхъ одна сообщаетъ ей поступательное движеніе. Этотъ механизмъ требуетъ нѣкотораго разъясненія, которое мы постараемся дать въ своемъ мѣстѣ.

Передвиженія по воздуху. Здѣсь мы опять встрѣчаемся съ тѣмъ же механизмомъ, заключающемся въ перемѣщеніи въ воздухѣ наклонной плоскоски. Въ самомъ дѣлѣ, какъ у птицъ, такъ и у насѣкомыхъ, крылья косвенно ударяютъ по воздуху, отталкивая его по одному направленію и сообщая тѣлу животнаго противоположное движеніе.

За исключеніемъ тѣхъ птицъ, которыя отдаются теченію вѣтра, держа свои крылья распущенными, и плаваютъ въ воздухѣ, не употребляя никакихъ усилій, кромѣ простаго направленія своихъ крыльевъ (отчего они и получили названіе парусниковъ),—всѣ остальныя животныя перемѣщаются лишь путемъ распредѣленія извѣстной силы между двумя неодинаково подвижными массами. Нетрудно понять, что если одна изъ двухъ точекъ приложенія силы совершенно неподвижна, то на другую перейдетъ безъ остатка вся произведенная двигательная сила; это и есть случай передвиженія по землѣ, совершаемаго на вполнѣ твердой почвѣ. Но понятно также, что мягкость почвы представляетъ неблагопріятное условіе для утилизаціи силы, и что крайняя подвижность воды въ высшей степени должна затруднять плаванье и летанье.

Но эта подвижность точки опоры измѣняется вмѣстѣ со скоростью, которую ей сообщаютъ, такъ что ударъ крыла или весла, который остался бы безъ результата, еслибы былъ произведенъ медленно, находитъ въ сообщенной ему скорости условіе своей силы.

Digitized by Google

Не меньше разнообразія представляютъ различные роды передвиженія и со стороны сопротивленія, которое необходимо преодолѣть, чтобы перемѣстить тѣло. Это зависитъ отъ разныхъ причинъ. Дѣло въ томъ, что различнымъ видамъ животныхъ не въ одинаковой степени приходится бороться, при передвиженіи, съ собственной тяжестью своего тѣла. Такъ напр., рыбы, обладающія приблизительно тою же плотностью, какъ и вода, держатся въ ней безъ особеннаго усилія съ своей стороны, и при перемѣщеніи въ любомъ направленіи должны побѣдить лишь сопротивленіе жидкости, которую нужно сдвинуть. Напротивъ, птицы, чтобы держаться въ воздухѣ, должны безпрерывно освобождать механическую силу для уравновѣшенія своей тяжести. Если же она въ тоже время желаетъ перемѣститься, то должна прибавить къ этой силѣ еще новую, чтобы побѣдить сопротивленіе воздуха.

Распредѣленіе мышечной работы между точкою опоры и массою тѣла. Когда физіологъ желаетъ опредѣлить работу, производимую мышцей, онъ укрѣпляетъ ее на одномъ концѣ и затѣмъ измѣряетъ пространство, проходимое ея подвижнымъ концомъ. Зная тяжесть, которую поднимаетъ мышца при своемъ сокращеніи, а также пространство, которое она заставляетъ пройти эту тяжесть,—онъ имѣетъ въ рукахъ всѣ данныя для опредѣленія произведенной работы. Но это чисто идеальныя условія, которыхъ нельзя ожидать при передвиженіи на землѣ. Точно также нельзя ожидать ихъ у животныхъ, движущихся въ водѣ, а еще менѣе у тѣхъ, которыя летаютъ по воздуху.

Сравните, напр., усиліе, которое нужно употребить при движеніи по подвижной почвѣ, положимъ, по песчаннымъ дюнамъ, съ тѣмъ напряженіемъ силъ, котораго требуетъ

Digitized by Google

передвиженіе по твердой землѣ. Вы увидите, что подвижность точки опоры, доставляемой пескомъ, уничтожаетъ часть полезной работы, производимой сокращеніемъ нашихъ мускуловъ; другими словами, чтобы произвесть одну и ту же полезную работу, намъ приходится употребить гораздо большее усиліе, когда точка опоры оказываетъ меньше сопротивленія. Эту потерю работы легко уяснить себѣ и даже вычислить.

Когда человѣкъ упирается на ходу одною своею ногою въ землю, то голень этой ноги, слегка согнутая, тотчасъ же выпрямляется, отталкивая съ одной стороны землю—внизъ, а съ другой все тѣло—вверхъ. Если земля оказываетъ рѣшительное сопротивленіе производимому на нее давленію, то все движеніе перейдетъ на туловище, которое и подымется на извѣстную высоту, положимъ, на 3 сантиметра. Но если почва подастся подъ давленіемъ ноги на 2 сантиметра внизъ, то, очевидно, что въ этомъ случаѣ тѣло поднимется лишь на одинъ сантиметръ, и полезная работа уменьшится на цѣлыя двѣ трети.

Погруженіе почвы подъ ногою, конечно, также представляетъ собою *работу*, въ томъ смыслѣ, въ какомъ употребляется это слово въ механикѣ. Въ самомъ дѣлѣ, когда почва опускается, она оказываетъ извѣстное сопротивленіе. Это сопротивленіе, помноженное на глубину, на которую опустилась почва, даетъ намъ величину произведенной здѣсь работы. Но эта работа безплодна, въ смыслѣ передвиженія, она — безполезная трата двигательной силы.

Когда рыба ударяетъ по водѣ хвостомъ, чтобы двинуться впередъ, она производитъ двойную работу: часть ея идетъ на то, чтобы прогнать назадъ извѣстную массу воды съ извѣстною скоростью, а другая на то, чтобы двинуть животное впередъ, несмотря на сопротивленіе

Digitized by Google

окружающей жидкости. Но только послѣднее движеніе и есть полезная работа. Она была бы еще значительнѣе, еслибы хвостъ животнаго вмѣсто воды встрѣчалъ какую-нибудь твердую опору.

Спрашивается, можно ли измѣрить потерю въ полезной работѣ, происходящую при передвиженіи, вслѣдствіе подвижности точки опоры?

Если почва, по которой движутся животныя, оказываетъ полное сопротивленіе, то обыкновенно принимаютъ, что въ мышечной работѣ не происходитъ никакой потери; но въ тѣхъ случаяхъ, когда перемѣщаются и точка опоры, и тѣло животнаго, распредѣленіе работы происходитъ по извѣстному закону, который намъ необходимо теперь найти.

Въ механикѣ существуетъ законъ, установленный Ньютономъ, что дѣйствіе равно противодѣйствію. Значитъ ли это, что, въ занимающемъ насъ случаѣ, половина работы истрачивается по направленію къ точкѣ опоры, а другая—къ тѣлу, которое требуется перемѣстить? Если судить по той массѣ случаевъ, гдѣ сила дѣйствуетъ разомъ на два тѣла,—то это несовсѣмъ такъ.

Въ балистикѣ напр., двигательная сила пороха, т. е. давленіе газовъ, выдѣляющихся въ пушкѣ, дѣйствуетъ разомъ и на зарядъ, и на пушку, сообщая обѣимъ массамъ противоположныя движенія. *Количество* движенія (MV) раздѣляется поровну между этими обоими зарядами; такъ что масса пушки и ея лафета, помноженная на скорость ея *отдачи* назадъ, равна массѣ заряда, помноженной на скорость сообщеннаго ей движенія впередъ. А такъ какъ пушка тяжелѣе ядра, то скорость ея отдачи будетъ гораздо слабѣе скорости заряда.

Что касается до *работы*, истраченной порохомъ на

Digitized by Google

пушку и на ядро, то она распредѣляется между ними неравномѣрно.

Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ работа, порождаемая живою силою, пропорціональна квадрату скорости движущейся массы (ея формула: $\frac{mv^2}{2}$), то, въ томъ случаѣ, когда пушка вѣситъ въ 300 разъ больше, чѣмъ ядро, эта работа будетъ въ 300 разъ больше для ядра, чѣмъ для пушки.

Мы еще возвратимся къ этимъ вопросамъ, когда будемъ говорить о различныхъ видахъ передвиженія животныхъ. Теперь же перейдемъ къ человѣку.

Digitized by Google

ГЛАВА II.

Передвиженіе по землѣ (двуногіе).

Выборъ извѣстныхъ типовъ для изученія передвиженія по землѣ.—Передвиженіе, совершаемое человѣкомъ.—О ходьбѣ.—Давленіе, производимое на землю, его продолжительность и интенсивность.—Сопротивленія, представляющіяся тѣлу во время ходьбы; графическій методъ для изученія этихъ сопротивленій.—Вертикальныя колебанія тѣла.—Горизонтальныя колебанія.—Попытка начертить путь, проходимый лобковымъ возвышеніемъ.—Перемѣщеніе тѣла впередъ.—Неравномѣрная скорость этого перемѣщенія въ различные моменты шага.

Ходьба человѣка.

Передвиженіе по землѣ является въ столькихъ разнообразныхъ типахъ, что, по крайней мѣрѣ въ настоящую минуту, мы должны ограничиться изученіемъ лишь нѣкоторыхъ, наиболѣе важныхъ изъ нихъ. Какъ образецъ передвиженія, совершаемаго двуногими, мы изберемъ передвиженіе человѣка; лошадь же будетъ взята нами, какъ наиболѣе любопытный представитель передвиженія, совершаемаго четвероногими. Что касается до другихъ живот-

Digitized by Google

ныхъ, то мы будемъ изучать ихъ лишь съ точки зрѣнія сходства или разницы, представляемыхъ ихъ способами передвиженія съ избранными нами типами.

Предметъ, о которомъ мы будемъ говорить здѣсь, былъ уже изучаемъ многими учеными. Со временъ Борелли и до нашихъ дней, наука постепенно подвигалась впередъ. Въ настоящее время, какъ намъ кажется, она уже въ состояніи разрѣшить всѣ относящіеся сюда темные вопросы и принять опредѣленное положеніе, особенно, благодаря употребленію графическаго метода.

Въ то время, когда одно наблюденіе даетъ намъ лишь неполныя, а часто и ложныя данныя,—графическій методъ вноситъ необыкновенную точность въ анализъ даже такихъ сложныхъ явленій, каковы, напр., явленія передвиженія. Мы увидимъ, когда коснемся движенія лошади, что несогласія, существующія въ настоящее время относительно этого предмета, прямо объясняются несовершенствомъ употребленныхъ доселѣ методовъ.

Даже передвиженіе человѣка, гораздо болѣе простое по своему механизму, и то съ трудомъ поддается анализу. Работы братьевъ Веберовъ, считающіяся наиболѣе полными и глубокими изслѣдованіями по вопросу о передвиженіи человѣка, заключаютъ въ себѣ не мало ошибокъ и пробѣловъ.

Наиболѣе простая и чаще всего употребляемая форма передвиженія есть *ходьба*. Особенность ея, употребляя классическое выраженіе, заключается въ томъ, что при ней *тѣло никогда не покидаетъ земли*. Напротивъ, при бѣгѣ или при скачкахъ, тѣло, какъ мы увидимъ, отдѣляется отъ почвы и остается извѣстное время въ воздухѣ.

Во время ходьбы тяжесть тѣла перемѣщается поочередно съ одной конечности на другую, а такъ какъ каж-

Digitized by Google

дая нога выдвигается поперемѣнно впередъ, то и все тѣло переносится впередъ. Это движеніе, кажущееся на первый взглядъ столь простымъ, въ дѣйствительности въ высшей степени сложно, особенно если разсмотрѣть изъ какого рода движеній оно составляется.

Въ самомъ дѣлѣ, каждое движеніе, совершаемое ногами, представляетъ двѣ фазы: фазу упиранія въ землю и фазу висѣнія на воздухѣ (une phase d'appui et une phase de soutien); при чемъ суставы поочередно сгибаются и разгибаются, между тѣмъ какъ мышцы ноги и бедра, производящія эти движенія, поперемѣнно то сокращаются, то растягиваются.

Степень давленія, производимаго ногами на почву, измѣняется сообразно скорости ходьбы и величинѣ шага. Съ другой стороны, тѣло испытываетъ, въ видѣ періодическихъ колебаній, противодѣйствіе земли при каждомъ упираніи въ нее ногами, причемъ различныя части тѣла испытываютъ это противодѣйствіе въ различной степени. Колебанія эти совершаются по различнымъ направленіямъ: однѣ въ вертикальномъ, другія—въ горизонтальномъ, такъ что линія, по которой слѣдуетъ какая нибудь точка тѣла, представляетъ въ высшей степени сложную кривую. Кромѣ того, при каждомъ движеніи ноги, тѣло то нагибается, то выпрямляется, производитъ качанія вокругъ тазобедреннаго сочлененія и въ тоже самое время слегка поворачивается на оси позвоночнаго столба. Въ свою очередь и тазъ, подъ вліяніемъ поясничныхъ мышцъ, приходитъ въ движеніе и качается изъ стороны въ сторону. Наконецъ, переднія конечности, поперемѣнно балансируя въ воздухѣ, ослабляютъ дѣйствіе причинъ, которыя каждую минуту стремятся отклонить тѣло отъ той прямой линіи, по которой оно направляется.

Всѣ эти акты анализированы съ большимъ искусствомъ

Digitized by Google

однимъ изъ нашихъ слушателей, Карле [1]), у котораго мы и заимствуемъ нѣкоторые изъ полученныхъ имъ результатовъ.

Прежде всего мы разсмотримъ здѣсь двигательную силу, развивающуюся при ходьбѣ, и ея дѣйствіе, съ одной стороны на землю, въ которую упирается нога, а съ другой—на тѣло, которое перемѣщается.

Двигательная сила. Она заключается въ дѣйствіи мышцъ, вытягивающихъ бедро, голень и ступню. Нижняя конечность, взятая въ цѣломъ, образуетъ изломанный столбъ, который, сглаживая свои углы и сливаясь въ сплошную линію, отталкиваетъ землю внизъ, а тѣло вверхъ. Вотъ все, что мы можемъ сказать объ этомъ вопросѣ, подробное изложеніе котораго потребовало бы слишкомъ долгихъ объясненій.

Давленіе на почву. Это давленіе, равное, какъ мы видѣли выше, давленію въ противоположномъ направленіи, стремящемуся двинуть тѣло впередъ, должно быть изучаемо въ его *продолжительности*, *фазахъ* и *интенсивности*. Пишущіе аппараты приходятся здѣсь какъ нельзя болѣе кстати. Съ помощью испытующаго аппарата, помѣщеннаго на подошвѣ, можно передать пишущему рычагу сигналъ упиранія или поднятія ноги, а также и степень силы, съ какою нога опирается на землю. Мы называемъ этотъ аппаратъ испытующей подошвой (chaussure exploratrice). Вотъ его описаніе.

Къ подошвѣ обыкновеннаго сапога прикрѣпляется, при помощи разогрѣтой гуттаперчи, каучуковая подошва, въ полтора сантиметра толщины. Внутри этой подошвы

---

[1]) G. Carlet, *Étude de la marche*. Annales des sciences naturelles, 1872

Digitized by Google

устроена камера, наполненная воздухомъ. Она изображена пунктиромъ на рис. 19.

Эта камера, покрытая выдающеюся деревянною пластинкой, сжимается, когда нога на давливаетъ на почву. Выгоняемый изъ нея воздухъ устремляется тогда черезъ трубку въ барабанчикъ съ рычагомъ, который и отмѣчаетъ продолжительность и фазы давленія ноги.

Предположите, что у экспериментатора на обѣихъ ногахъ надѣты подобныя подошвы и что онъ ходитъ вокругъ стола, на которомъ разставлены пишущіе аппараты, и вы будете имѣть ясное представленіе о расположеніи опыта.

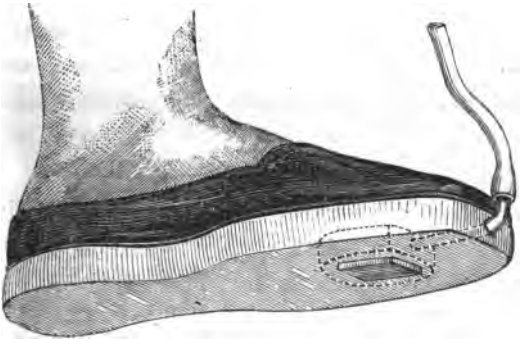


Рис. 19.—Подошва для опредѣленія давленія ноги на почву, продолжительности этого давленія и его фазъ.

Пишущіе аппараты, употребляемые въ настоящемъ случаѣ, уже извѣстны читателю. Они ничѣмъ не отличаются отъ аппаратовъ, которыми мы пользовались при изслѣдованіи мышечной волны (стр. 46, рис. 7). Замѣните на этомъ рисункѣ міографическіе щипчики, 1 и 2, подошвами, и вы получите расположеніе аппаратовъ, необходимыхъ при изученіи *слѣдовъ* или нажиманій ноги на почву.

Digitized by Google

На рисункѣ 20 изображенъ опытъ, произведенный надъ ходьбою. Линіи, которыя видны на рисункѣ, получены отъ перемежающагося давленія ноги на землю. Правой ногѣ соотвѣтствуетъ линія D, лѣвой—пунктированная линія G. Зная расположеніе аппаратовъ, нетрудно понять, что всякое упираніе ноги въ землю должно выразиться повышеніемъ соотвѣтствующей кривой. Въ самомъ дѣлѣ, при упираніи ноги въ землю каучуковая подошва сдавливается и уменьшаетъ вмѣстимость воздушной камеры. Часть воздуха, содержащагося въ камерѣ, ускользаетъ черезъ трубку въ пишущій барабанчикъ.

Рис. 20.—Слѣды обѣихъ ногъ, при попеременномъ упираніи ихъ въ землю и висѣніи въ воздухѣ во время ходьбы.

Изъ рис. 20 видно, что давленіе правой ноги, напр., начинается въ тотъ моментъ, когда давленіе лѣвой ослабѣваетъ, и что въ каждомъ слѣдѣ замѣчается чередованіе между моментами упиранія. Періодъ же, въ теченіе котораго нога виситъ на воздухѣ, выраженъ горизонтальною линіею, соединяющею минимумы двухъ послѣдовательныхъ кривыхъ.

Фазы упиранія одинаково продолжительны для обѣихъ ногъ, такъ что тяжесть тѣла переходитъ поочередно съ одной на другую. Не то бываетъ у хромыхъ: актъ хроманія главнымъ образомъ состоитъ въ неравенствѣ упиранія обѣихъ ногъ.

Существуетъ однакоже весьма короткій промежутокъ

Digitized by Google

времени, въ теченіе котораго тѣло, перемѣщаясь на другую ногу, отчасти поддерживается еще первою. Это время равняется всего $^1/_6$ продолжительности всего упиранія.

Сила давленія ноги на почву. Кривыя, получаемыя при ходьбѣ, могутъ также дать намъ средство для измѣренія того усилія, съ какимъ нога давитъ на землю. Испытующая подошва представляетъ такимъ образомъ своего рода динанометръ давленія; она сдавливается болѣе или менѣе, сообразно тому усилію, которое на нее дѣйствуетъ и, вслѣдствіе этого, передаетъ пишущему рычагу всѣ движенія, то болѣе, то менѣе обширныя. Для того, чтобы вычислить, на основаніи высоты кривой, степень давленія, производимаго ногою, необходимо на каждой подошвѣ замѣнить вѣсъ тѣла извѣстнымъ количествомъ килограммовъ. При этомъ мы увидимъ, что если тяжесть, равная вѣсу тѣла (примѣрно 75 килограммовъ), приподнимаетъ рычагъ на высоту, соотвѣтствующую началу кривой, то необходимо прибавить еще нѣкоторый вѣсъ, чтобы рычагъ достигъ того максимума, который соотвѣтствуетъ концу періода упиранія.

Это доказываетъ, что, при ходьбѣ, давленіе ноги на землю не равняется одному только вѣсу тѣла, который должна поддерживать нога, но что въ извѣстный моментъ присоединяется еще новое усиліе, чтобы сообщить тѣлу движеніе поднятія и перемѣщенія впередъ, которыми мы сейчасъ займемся.

На основаніи опытовъ Карле, это прибавочное усиліе не превосходитъ двадцати килограммовъ, даже при быстрой ходьбѣ, но оно значительно увеличивается при скачкахъ и бѣгѣ.

Противодѣйствіе. Этимъ именемъ мы обозначаемъ тѣ движенія, которыя нога сообщаетъ всему тѣлу. Дви-

Digitized by Google

женія эти чрезвычайно сложны; они происходятъ за разъ по всѣмъ направленіямъ; отчего линія, которую описываетъ извѣстная точка тѣла въ пространствѣ, представляется чрезвычайно извилистой. Пока только одинъ графическій методъ даетъ возможность опредѣлять истинный характеръ этихъ движеній. Прежде всего спрашивается: какой пунктъ тѣла мы должны избрать, чтобы наблюдать на немъ перемѣщенія, совершаемыя во время ходьбы? Почти всѣ ученые избирали для этой цѣли центръ тяжести: это та точка, которую Борелли помѣстилъ inter nates et pubim. Но если вспомнить, что

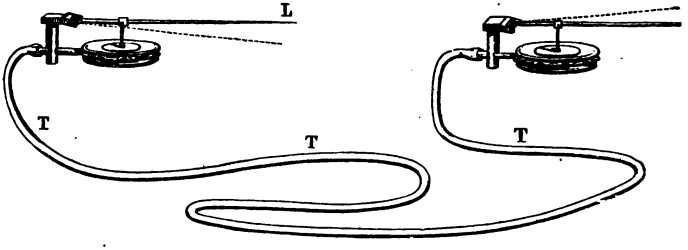


Рис. 21.—Передача колебательнаго движенія нашему аппарату.

центръ тяжести измѣняетъ свое мѣсто при всякомъ движеніи тѣла, что при сгибаніи ногъ онъ повышается, точно также какъ и при поднятіи рукъ, однимъ словомъ, что онъ описываетъ внутри тѣла всевозможныя движенія, разъ тѣло будетъ выведено изъ состоянія неподвижности, то мы легко поймемъ, что нѣтъ возможности отнести къ этой идеальной и вѣчно измѣняющейся точкѣ всѣ движенія противодѣйствія, происходящія вслѣдствіе давленія ногъ на землю; гораздо лучше, при изученіи перемѣщеній во время ходьбы, избрать опредѣленный пунктъ на туловищѣ, напр., лобковое возвышеніе.

Digitized by Google

Аппараты, которыми мы располагаемъ, вполнѣ пригодны для изученія этихъ перемѣщеній.

Представимъ себѣ два барабанчика съ рычагами, соединенные между собою длинной трубкою Т, Т, Т. Если мы сообщимъ одному изъ этихъ рычаговъ вертикальное колебательное движеніе, такъ чтобы, напр. рычагъ L. опустился и принялъ положеніе, обозначенное пунктиромъ, то другой рычагъ въ тоже время перемѣстится въ противоположномъ направленіи и приметъ положеніе, которое на рисункѣ также обозначено точками. При этихъ условіяхъ опусканіе одного рычага влечетъ за собою поднятіе другаго, потому что сжатіе воздуха въ одномъ изъ барабанчиковъ непремѣнно должно произвести вздуваніе другаго барабанчика. Для того же, чтобы оба аппарата производили движенія въ одномъ и томъ же направленіи, мы должны перевернуть одинъ изъ нихъ рычагомъ внизъ.

Вертикальное колебаніе тѣла. Представимъ себѣ, что одинъ изъ рычаговъ приложенъ къ пишущему аппарату, а другой упирается своей оконечностью въ лобковое возвышеніе человѣка, который идетъ. Всѣ вертикальныя колебанія лобка будутъ въ этомъ случаѣ отмѣчены на аппаратѣ.

Но для того, чтобы рычагъ, непосредственно приложенный къ лобковому возвышенію, или такъ называемый *испытующій рычагъ*, получалъ и вѣрно передавалъ колебательныя движенія послѣдняго во время ходьбы, необходимо, чтобы барабанчикъ его находился внѣ вліянія этихъ колебаній. Съ этою цѣлью употребляютъ приводъ, состоящій изъ двухъ горизонтальныхъ ручекъ, вращающихся на оси. Эти ручки могутъ вращаться лишь въ горизонтальной плоскости, расположенной въ уровень съ лобкомъ. На одной изъ этихъ ручекъ укрѣпленъ

Digitized by Google

барабанчикъ съ испытующимъ рычагомъ. Человѣкъ, надъ которымъ производится опытъ, движется въ кругу, толкая впереди себя ту ручку привода, къ которому прикрѣпленъ аппаратъ, предназначенный для изслѣдованія вертикальныхъ колебаній лобка. Этимъ то путемъ получается линія OP*v*, изображенная на рис. 22. Она показываетъ что лобокъ подымается въ серединѣ упора каждой ноги

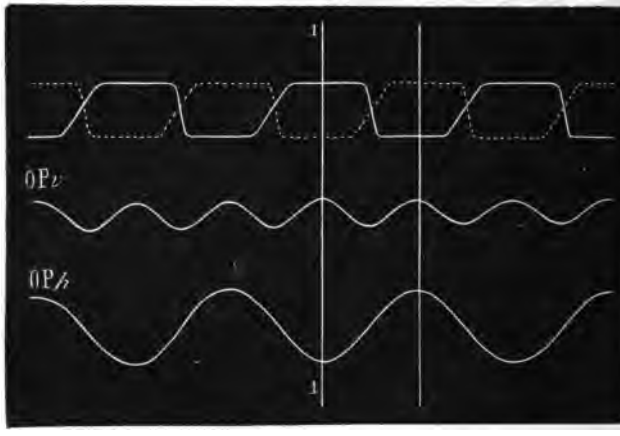


Рис. 22.—Верхнія кривыя, изъ которыхъ одна изображена сплошной линіею, а другая пунктиромъ, обозначаютъ фазы упиранія и приподнятія правой и лѣвой ноги. Считая съ лѣва на право, каждое возвышеніе кривой обозначаетъ начало упиранія; верхняя горизонтальная часть обозначаетъ продолжительность упиранія, а нисходящая линія поднятіе ноги. Наконецъ нижняя горизонтальная часть каждой изъ кривыхъ показываетъ, что соотвѣтствующая нога виситъ въ воздухѣ.—Линія OPv. показываетъ колебанія лобка сверху внизъ, т.е. вертикально;—OPh. изображаетъ боковое или горизонтальное колебаніе.—Изъ рисунка видно, что на каждые два колебанія въ вертикальномъ направленіи приходится только одно горизонтальное колебаніе.

и опускается въ моментъ, когда тяжесть тѣла перемѣщается съ одной ноги на другую.

Digitized by Google

Карле вычислилъ, что дѣйствительная ширина этихъ колебаній равняется почти 14 миллиметрамъ. Впрочемъ, это движеніе измѣняется, смотря по величинѣ шага: оно больше, когда шаги больше. Но это увеличеніе вырождается не максимумомъ повышенія кривой, а минимумомъ ея пониженія.

Явленія эти объясняются весьма просто. Въ тотъ моментъ, когда тѣло перестаетъ опираться на одну изъ ногъ, послѣдняя принимаетъ наклонное положеніе; вслѣдствіе этого, верхній конецъ ея, на которомъ сидитъ туловище, нѣсколько опускается. Другая нога, упирающаяся въ это время въ землю, бываетъ слегка согнута; она скоро выпрямится и подыметъ тѣло, которое поддерживаетъ. Но при этомъ движеніи она описываетъ дугу вокругъ ступни, такъ что въ ряду послѣдовательныхъ положеній, принимаемыхъ тѣломъ, послѣднее должно подняться тѣмъ выше, чѣмъ больше нога, поддерживающая его, приближается къ вертикальной линіи. При послѣдующемъ наклоненіи ноги, тѣло снова опускается.

Теперь понятно, что отъ увеличенія шага туловище должно опустится больше, потому что при этомъ увеличивается наклонное положеніе ногъ. Наконецъ, неизмѣняемость максимумовъ вертикальныхъ колебаній объясняется тѣмъ, что вытянутая и вертикально стоящая нога имѣетъ постоянную высоту, а это и есть та высота, которая соотвѣтствуетъ максимуму поднятія тѣла.

Горизонтальныя колебанія тѣла. Совершая движенія въ вертикальномъ направленіи, лобокъ въ то же время попеременно перемѣщается справа налѣво и слѣва на право. Чтобы отмѣтить эти движенія, употребляютъ барабанчикъ, расположенный такимъ образомъ, чтобы его перепонка западала и вздувалась отъ боковыхъ движеній ея рычага. Другой же пишущій рычагъ со-

Digitized by Google

вершаетъ вертикальныя колебанія, которыя одни только и могутъ быть отмѣчены на цилиндрѣ. Если въ кривой, получаемой на приборѣ, возвышеніе будетъ соотвѣтствовать переходу лобка на право, то пониженіе выразитъ собою переходъ его справа на лѣво.

Опытъ даетъ для горизонтальныхъ колебаній кривую OPh (рис. 22). Вы видите, что число этихъ колебаній въ два раза меньше, чѣмъ число ихъ при вертикальномъ колебаніи лобка, такъ что тѣло переносится направо—въ моментъ максимума повышенія, соотвѣтствующаго серединѣ

Рис. 23.—Попытка изобразить посредствомъ изогнутой металлической проволоки извилистый путь, проходимый лобкомъ. Чтобы понять перспективу этой фигуры, нужно представить себѣ, что желѣзная проволока своимъ лѣвымъ концомъ обращена къ наблюдателю, а правымъ удалена отъ него. (Для большей ясности ширина колебаній значительно увеличена).

упиранія правой ноги, а на лѣво—въ моментъ максимума повышенія, соотвѣтствующаго серединѣ упиранія лѣвой ноги. Это боковое колебаніе туловища есть слѣдствіе поочереднаго перехода тѣла въ положеніе, сильно приближающееся къ вертикальному, надъ каждою изъ ногъ.

Точное понятіе о пути, описываемомъ лобковымъ возвышеніемъ, подъ вліяніемъ этихъ двухъ видовъ колебаній, комбинированныхъ съ движеніемъ впередъ, можно получить только съ помощью фигуры изъ твердаго ве-

Digitized by Google

щества. Желѣзная проволока, изогнутая въ различныхъ направленіяхъ, можетъ дать нѣкоторое представленіе объ этомъ пути. Рисунокъ 23 представляетъ въ перспективѣ эту изогнутую проволоку, но мы не смѣемъ надѣяться, чтобы читатель легко усвоилъ себѣ этотъ способъ изображенія.

Перемѣщеніе тѣла сзади напередъ. Во время ходьбы тѣло постоянно подвигается впередъ. Но это движеніе

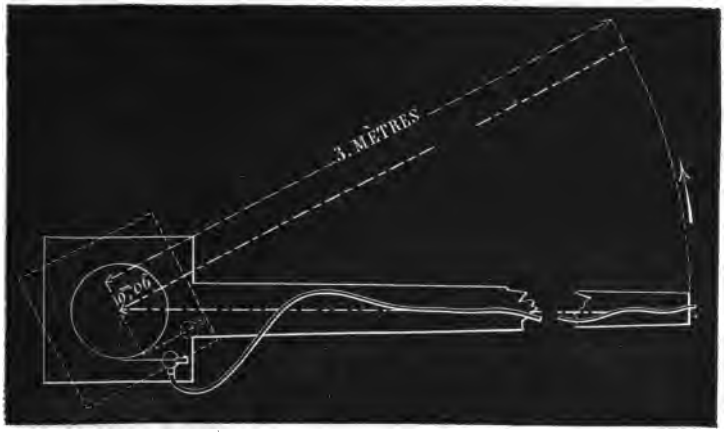


Рис. 24 показываетъ два послѣдовательныхъ положенія ручки привода и соотвѣтствующія положенія пишущихъ оконечностей рычаговъ. Такъ какъ ручка привода имѣетъ три метра длины а радіусъ цилиндра только шесть сантиметровъ, то дуги, описываемыя человѣкомъ и штифтикомъ рычага, при каждомъ перемѣщеніи тѣла будутъ относиться между собою какъ 50 къ 1.

сзади напередъ невсегда имѣетъ одну и ту же скорость. Чтобы опредѣлить эти смѣняющіяся фазы ускоренія и замедленія, необходимо найдти такой методъ, который давалъ бы, съ одной стороны, величину разстояній, проходимыхъ тѣломъ при каждомъ движеніи ходьбы, а, съ

Digitized by Google

другой—время, употребляемое на прохожденіе каждаго изъ этихъ разстояній. Для достиженія этой двойной цѣли мы прибѣгли къ слѣдующему методу.

Прежде всего нужно узнать, на какое разстояніе тѣло подвигается впередъ въ различные моменты ходьбы. Эти разстоянія можно измѣрить, если наносить кривыя движенія не на равномѣрно вращающемся цилиндрѣ, а на цилиндрѣ неподвижномъ, на которомъ пишущіе рычаги перемѣщаются на пространства, пропорціональныя пройденнымъ разстояніямъ. Съ этою цѣлью цилиндръ помѣщаютъ на той же оси, вокругъ которой вращается упомянтый выше приводъ, а пищущіе инструменты устанавливаются на мѣстѣ отхожденія одной изъ вращающихся ручекъ. Отношеніе радіуса цилиндра къ радіусу круга, описываемаго человѣкомъ, даетъ возможность опредѣлить на получаемой чертѣ разстояніе, проходимое въ извѣстную единицу времени. Въ нашихъ опытахъ это отношеніе равнялось 1 : 50.

Такимъ образомъ, каждый сантиметръ, отложенный на полученной чертѣ, соотвѣтствуетъ 50 сантиметрамъ, пройденнымъ человѣкомъ. Это вычисленіе само по себѣ имѣетъ лишь очень незначительный интересъ, такъ какъ оно даетъ не болѣе того, что мы можемъ узнать, измѣряя на землѣ промежутокъ между двумя слѣдами ногъ. Но если, кромѣ пройденнаго пространства, эта черта будетъ выражать собою также и время, употребленное на прохожденіе этого пространства, то мы получимъ возможность вычислить скорость, съ которою тѣло двигается въ данную единицу времени.

Рис. 25 представляетъ (линія D) черту упираній и поднятій ноги, а также вибраціи хронографическаго діапазона, отмѣчаемыя въ одно и тоже время. Чтобы получить эту черту, одинъ и тотъ же барабанчикъ съ ры-

Digitized by Google

чагомъ соединяется съ двумя трубками, изъ которыхъ одна передаетъ измѣненія въ давленіи испытующей подошвы (рис. 19), а другая — десять колебаній въ секунду, производимыхъ большимъ діапазономъ.

На рис. 26 представлено расположеніе этихъ инструментовъ.

Изъ рисунка видно, что барабанчикъ находится подъ двойнымъ вліяніемъ: измѣненій въ давленіи ноги на землю и колебаній діапазона. Это даетъ на получаемой чертѣ интерференцію двухъ движеній, опредѣляющихъ въ одно и тоже время и пройденное пространство, и время, употребленное на прохожденіе этого пространства.

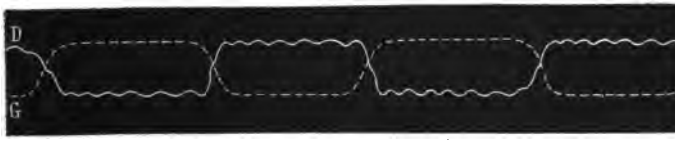


Рис. 25.—Линія D изображаетъ упиранія и поднятія правой ноги, отмѣченныя рычагомъ, совершающимъ въ тоже время по десяти колебаній въ секунду. Изъ рисунка видно, что колебанія занимаютъ больше мѣста въ концѣ упиранія ноги, что указываетъ на бо́льшую скорость движенія тѣла въ этотъ моментъ.—То же ускореніе замѣчается и въ концѣ висѣнія правой ноги; это объясняется дѣятельностью лѣвой ноги, которая въ этотъ моментъ находится въ концѣ своего упиранія.

Анализируя извилистую кривую, принадлежащую и діапазону, и испытующей подошвѣ правой ноги, остановимся прежде всего на ея возвышенной части, т. е. той части, которая соотвѣтствуетъ упиранію ноги въ землю. Мы видимъ, что во время этого упиранія штифтикъ пробѣгаетъ по цилиндру пространство почти въ два сантиметра. А такъ какъ перемѣщеніе штифтика въ 50 разъ меньше перемѣщенія человѣка, то этотъ послѣдній, зна-

Digitized by Google

читъ, передвинется въ періодъ одного упиранія ноги на одинъ метръ. Но это разстояніе человѣкъ пробѣгаетъ

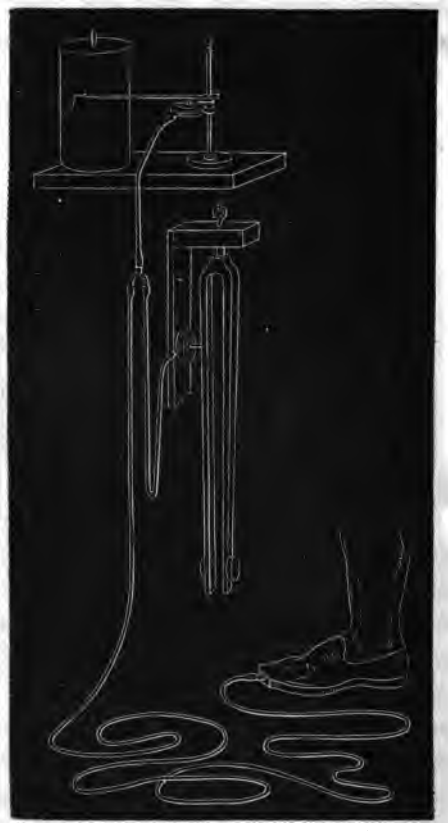


Рис. 26.—Большой діапазонъ, который отъ присутствія массы свинца колеблется 10 разъ въ секунду, дѣйствуетъ посредствомъ барабанчика, испытующаго связаннаго съ однимъ изъ его стволовъ, на другой барабанчикъ съ отмѣчивающимъ рычагомъ. Этотъ послѣдній въ тоже время получаетъ, чрезъ посредство раздвоенной трубы, вліянія подъема и опусканія ноги.

Digitized by Google

не съ равномѣрной скоростью. Дѣйствительно, въ теченіе первой половины этого пространства діапазонъ производитъ приблизительно 4 колебанія, между тѣмъ какъ въ теченіе второй половины онъ едва успѣваетъ сдѣлать два съ половиною. Такимъ образомъ, мы видимъ, что давленіе ноги на землю, все болѣе и болѣе возрастающее къ концу упиранія, сообщаетъ тѣлу движеніе, скорость котораго также постепенно возрастаетъ. Линія, рисуемая діапазаномъ во время висѣнія ноги, также показываетъ, что движеніе тѣла постепенно ускоряется. Это и понятно, если принять во вниманіе, что во время ходьбы поднятіе одной ноги соотвѣтствуетъ упиранію другой; такъ что ускоренное движеніе во время поднятія правой ноги происходитъ собственно на счетъ упиранія лѣвой ноги.

Разсмотрѣнный нами методъ, по нашему мнѣнію, можетъ быть приложенъ ко всѣмъ случаямъ, гдѣ встрѣтится надобность въ измѣреніи относительной продолжительности различныхъ фазъ одного и того же движенія.

Неравномѣрность въ скорости передвиженія во время ходьбы влечетъ за собою одно чрезвычайно важное послѣдствіе. Когда человѣкъ тащитъ какую нибудь тяжесть, то усиліе, которое ему приходится употребить, никогда не бываетъ постояннымъ. При каждомъ упираніи одной изъ его ногъ, онъ долженъ удвоить свою энергію, и такъ какъ это увеличеніе энергіи продолжается лишь самое короткое время, то въ результатѣ получается, такъ сказать, цѣлый рядъ толчковъ. Но мы уже знаемъ, что подобные толчки крайне неблагопріятны для полезнаго употребленія механической силы; мы имѣли уже случай объяснить (стр. 62), какого рода невыгоды проистекаютъ отъ этого относительно работы

Digitized by Google

одушевленныхъ двигателей, и указали также, какимъ образомъ эта безполезная трата силы ослабляется, благодаря эластичности мышечнаго волокна.

Когда человѣкъ тащитъ тяжесть на жосткомъ ремнѣ, перекинутомъ черезъ плечо, то онъ чувствуетъ эти толчки въ видѣ ударовъ по плечу. Чтобы устранить эти непріятныя сотрясенія и возможно лучше утилизировать развиваемое усиліе, мы пробовали помѣщать между повозкою и ремнемъ посредствующее эластичное тѣло, и результатъ вполнѣ оправдалъ наши ожиданія. Мы постараемся устроить подобныя же приспособленія для упряжи обыкновенныхъ экипажей, чтобы ослабить давленіе хомута и лучше утилизировать силу лошади.

Digitized by Google

ГЛАВА III.

О различныхъ аллюрахъ человѣка.

Описаніе аппаратовъ, служащихъ для изученія различныхъ аллюровъ человѣка.—Ручной пишущій аппаратъ. — Аппаратъ для изслѣдованія вертикальныхъ противодѣйствій.—Ходьба. — Бѣгъ.—Галопъ.—Скачокъ на одной ногѣ и скачекъ обоими ногами.—Способъ изображенія различныхъ аллюровъ. — Опредѣленіе *шага* въ любомъ аллюрѣ.—Синтетическое воспроизведеніе аллюровъ человѣка.

Подъ именемъ аллюровъ разумѣютъ различные способы поступательнаго движенія животныхъ. Такъ *ходьба*, на которой мы такъ долго останавливались, представляетъ собою одинъ изъ аллюровъ человѣка. *Бѣгъ* съ его различною скоростію, *галопъ*, *скачокъ* на одной ногѣ или обѣими ногами, все это различные аллюры человѣка.

Ходьба человѣка измѣняется, смотря по характеру и наклону почвы. Намъ предстоитъ теперь разсмотрѣть эти различныя вліянія. Въ новомъ рядѣ предстоящихъ намъ изслѣдованій мы не можемъ болѣе пользоваться тѣми аппаратами, которые употребляли до сихъ поръ. Круговая и горизонтальная *колея*, по которой двигался

Digitized by Google

экспериментаторъ, должна уступить мѣсто почвамъ самаго разнообразнаго характера и наклона. Новые аппараты, къ которымъ мы будемъ прибѣгать въ нашихъ опытахъ, хотя и даютъ больше свободы движенія изслѣдователю, но зато, съ другой стороны, они сообщаютъ относительно менѣе полныя указанія. Мы можемъ требовать отъ нихъ только двоякаго рода данныхъ: вопервыхъ, данныхъ относительно давленія ногъ на землю, и, вовторыхъ, опредѣленій вертикальныхъ противодѣйствій, испытываемыхъ тѣломъ подъ вліяніемъ этого давленія.

Рис. 27 изображаетъ скорохода, снабженнаго аппаратами новаго устройства.

На ногахъ у него надѣты уже извѣстныя намъ испытующія подошвы, а въ одной изъ рукъ онъ держитъ ручной пишущій аппаратъ, на которомъ отмѣчаются кривыя давленія ногъ. Такъ какъ цилиндръ аппарата вращается равномѣрно, то кривыя, получаемыя на немъ, выражаютъ не пространство, пройденное во время каждаго акта движенія, а лишь время продолжительности этого акта.

Чтобы облегчить опытъ, а также для того, чтобы аппаратъ могъ начать свои равномѣрныя движенія нѣсколькими мгновеніями раньше, чѣмъ начнетъ чертить по бумагѣ, прибѣгаютъ обыкновенно къ слѣдующему приспособленію. Штифтики чертящихъ рычаговъ поставлены такъ, что они не касаются цилиндра; а чтобы привести ихъ въ соприкосновеніе съ бумагой, нужно нажать каучуковой пузырь; отпустивъ пузырь, мы снова удаляемъ штифтики отъ цилиндра и останавливаемъ дѣйствіе аппарата. На рис. 27 скороходъ держитъ этотъ пузырь въ лѣвой рукѣ и нажимаетъ его большимъ пальцемъ.

Digitized by Google

Рис. 27.—Скороходъ, снабженный аппаратами для графическаго изображенія различныхъ аллюровъ.

Digitized by Google

Наконецъ, чтобы получить кривую вертикальныхъ противодѣйствій, надѣваютъ на голову аппаратъ, изображенный на рис. 28.

Это *испытующій барабанчикъ* съ *рычагомъ*, укрѣпленный на дощечкѣ, которая приклеивается къ головѣ посредствомъ воска, какъ это видно на рис. 27. Барабанчикъ снабженъ свинцовою массою, помѣщающеюся на концѣ его рычага. Масса эта дѣйствуетъ своею *инерціею*. Она оказываетъ сопротивленіе вертикальнымъ колебаніямъ тѣла и такимъ образомъ заставляетъ перепонку барабанчика понижаться, когда тѣло подымается, и снова распрямляться, когда тѣло опускается. Отъ этого поперемѣннаго выпрямленія и западанія перепонки полу-

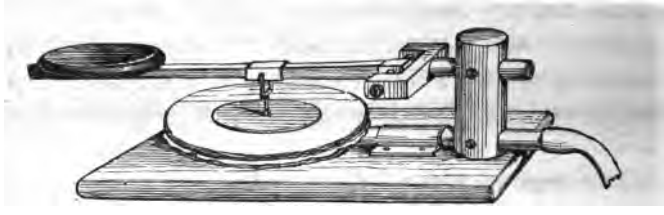


Рис. 28.—Аппаратъ, изслѣдующій вертикальныя противодѣйствія во время различныхъ аллюровъ.

чается теченіе воздуха, которое, будучи передано черезъ трубку пишущему рычагу, выразитъ въ видѣ кривой вертикальныя колебанія тѣла.

Мы не будемъ входить въ подробности опытовъ, имѣвшихъ цѣлью опредѣлить точность полученныхъ такимъ образомъ кривыхъ. Они заключаются въ постепенномъ измѣненіи вѣса свинцовой массы и эластичности перепонки барабанчика, пока движенія, сообщаемыя аппарату, не будутъ вполнѣ вѣрно переданы на чертежѣ.

Мы будемъ называть *слѣдомъ*—кривую, получаемую отъ давленія ноги на землю, а восходящимъ или нисхо-

Digitized by Google

дящимъ *колебаніемъ*—кривую, изображающую вертикальныя противодѣйствія, испытуемыя тѣломъ.

I. *Ходьба.* Мы уже указали на главную особенность ходьбы, разсматриваемой какъ одинъ изъ видовъ аллюровъ человѣка. Она состоитъ, сказали мы, въ томъ, что тѣло никогда не покидаетъ земли, и что слѣды идутъ одни за другими безъ перерывовъ, такъ что тяжесть тѣла поочередно перемѣщается съ одной ноги на другую.

Но это опредѣленіе не можетъ быть примѣнено къ ходьбѣ по наклонной плоскости, по подвижной почвѣ и по лѣстницѣ. Не имѣя возможности слишкомъ долго останавливаться на различныхъ частныхъ видахъ ходь-

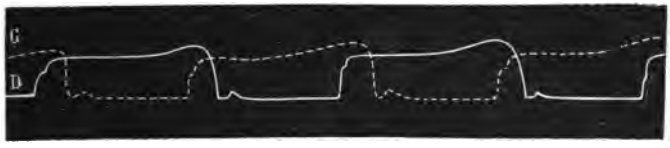


Рис. 29.—Чертежъ восхожденія по лѣстницѣ.—D кривая упираній и поднятій правой ноги, G—лѣвой (пунктиромъ). Изъ рисунка видно, что линіи упираній ногъ забѣгаютъ одна за другую, и что максимумъ давленія на землю совпадаетъ съ концомъ упиранія.

бы, мы представимъ здѣсь только чертежъ, соотвѣтствующій восхожденію по лѣстницѣ.

Мы замѣчаемъ на рисункѣ забѣганіе слѣдовъ одного за другимъ, доказывающее, что, напр., правая нога все еще упирается въ землю, когда лѣвая успѣла уже установиться на слѣдующей ступенькѣ. Мало того: именно въ моментъ этого двойнаго упиранія, нога, стоящая ниже, производитъ свой максимумъ давленія. И дѣйствительно, это есть тотъ моментъ, когда производится вся работа поднятія тѣла на высоту ступеньки.

Digitized by Google

Ничего этого не бываетъ при схожденіи съ лѣстницы. Слѣды не забѣгаютъ другъ за друга, а слѣдуютъ почти въ томъ же порядкѣ, какъ и при обыкновенной ходьбѣ по ровной поверхности.

II. *Бѣгъ.* Этотъ аллюръ, болѣе быстрый, чѣмъ ходьба, заключается, подобно послѣдней, въ чередующемся упираніи обѣихъ ногъ, слѣды которыхъ слѣдуютъ другъ за другомъ ровными промежутками. Но между ходомъ и бѣгомъ та разница, что во время бѣга тѣло при каждомъ шагѣ отдѣляется на нѣкоторое время отъ почвы.

Бѣгу даютъ разныя названія, смотря по тому, съ какой скоростью онъ совершается. Но эти названія: *гимна-*

Рис. 30.—Чертежъ бѣга человѣка.—D кривая упираній и поднятій правой ноги.—G (пунктиромъ)—лѣвой.—O—колебанія или вертикальныя противодѣйствія тѣла.

стическій шагъ и *рысь* не имѣютъ никакого интереса съ физіологической точки зрѣнія и представляютъ съ нѣкоторыми видоизмѣненіями лишь различную степень быстроты бѣга. Чтобы составить себѣ понятіе объ особенностяхъ этого аллюра, достаточно просмотрѣть рисунокъ 30.

При бѣгѣ упиранія ногъ происходятъ съ большею энергіею, чѣмъ при обыкновенной ходьбѣ. И въ самомъ дѣлѣ, имъ приходится нетолько поддерживать тяжесть тѣла, но и подвинуть его съ извѣстною быстротою

Digitized by Google

вверхъ и впередъ. А извѣстно, что для того, чтобы сообщить массѣ сколько нибудь быстрое восходящее движеніе, требуется больше усилія, чѣмъ просто для поддержанія ея.

Упиранія ногъ бываютъ менѣе продолжительны, чѣмъ при обыкновенной ходьбѣ, и тѣмъ меньше, чѣмъ больше энергія, съ какою ноги ударяютъ въ землю. Оба эти элемента, сила и малая продолжительность упираній, бываютъ вообще пропорціональны скорости бѣга.

Частота упираній возрастаетъ вмѣстѣ со скоростью бѣга. Но между различными формами бѣга есть такіе, въ которыхъ величина разстоянія, проходимаго въ данную единицу времени, зависитъ не столько отъ числа шаговъ, сколько отъ ихъ величины.

Какъ мы уже сказали, главная особенность бѣга заключается въ существованіи момента между двумя упираніями, въ продолженіе котораго тѣло остается *висящимъ въ воздухѣ*. На рисункѣ 30 моменты эти изображены въ видѣ интерваловъ, отдѣляющихъ нисхожденія кривыхъ правой ноги отъ восхожденій кривыхъ лѣвой, и обратно. Абсолютная величина этого момента висѣнія тѣла въ воздухѣ, повидимому, мало измѣняется, но если опредѣлять ее сравнительно съ продолжительностью шага при бѣгѣ, то она будетъ тѣмъ больше, чѣмъ больше скорость бѣга, такъ какъ по мѣрѣ увеличенія этой скорости уменьшается продолжительность каждаго отдѣльнаго упиранія.

Какимъ же образомъ происходитъ это висѣніе тѣла при каждомъ перекидываніи ногъ. Съ перваго взгляда можно подумать, что это результатъ скачка, вслѣдствіе котораго тѣло подбрасывается вверхъ съ такою силою, что описываетъ въ воздухѣ кривую, средина которой соотвѣтствуетъ максимуму удаленія тѣла отъ земли. Но

Digitized by Google

въ дѣйствительности дѣло происходитъ не такъ. Чтобы убѣдиться въ томъ, обратимся къ аппарату, отмѣчающему противодѣйствія или вертикальныя колебанія тѣла.

На рис. 30 представлены (верхняя линія О) колебанія во время бѣга. Изъ него видно, что тѣло выполняетъ каждое изъ своихъ вертикальныхъ восхожденій *во время упираній*, а именно такимъ образомъ, что оно начинаетъ подыматься въ моментъ, когда нога ударяетъ о землю, достигаетъ максимума своего повышенія въ серединѣ упиранія и опускается, чтобы упасть до минимума, въ ту минуту, когда нога начинаетъ отдѣляться отъ земли и прежде чѣмъ другая нога уставится въ землю.

Это отношеніе между вертикальными колебаніями и упираніями ногъ показываетъ, что *моментъ висѣнія* есть результатъ не подкидыванія тѣла въ воздухъ, а *отдѣленія ногъ отъ земли*, происходящаго вслѣдствіе ихъ сгибанія, и притомъ въ ту минуту, когда тѣло находится въ минимумѣ своего поднятія.

Мы еще встрѣтимся съ этими явленіями при аллюрахъ лошади, при которыхъ существуетъ подобное же отдѣленіе тѣла отъ земли и которыя поэтому носятъ названіе *высокихъ аллюровъ*. Вліяніе различныхъ покатостей почвы сказывается на бѣгѣ точно такимъ же образомъ, какъ и на ходьбѣ, съ тою только разницею, что послѣдствія бываютъ здѣсь выражены въ болѣе сильной степени.

III. *Галопъ*. Во всѣхъ описанныхъ до сихъ поръ аллюрахъ мы имѣли дѣло съ правильной послѣдовательностью движеній конечностей; удары ногъ объ землю слѣдовали другъ за другомъ въ равные промежутки. Это были нормальные аллюры, употребляемыя человѣкомъ при передвиженіи. Но человѣкъ можетъ также до нѣко-

Digitized by Google

торой степени воспроизводить своими ногами періодически неправильныя каденціи, которыя дѣлаетъ лошадь во время галопа. Дѣти часто подражаютъ этому способу передвиженія, когда играютъ въ лошадки; они дѣлаютъ короткіе прыжки, держа при этомъ одну ногу впередъ, какъ это дѣлаетъ лошадь на галопѣ. Этотъ искусственный аллюръ представляетъ для насъ интересъ лишь въ томъ отношеніи, что онъ поможетъ намъ впослѣдствіи уяснить себѣ механизмъ галопа четвероногихъ.

Отмѣтя въ одно и тоже время и слѣды, и противодѣйствія, мы увидимъ (рис. 31), что нога, отставленная

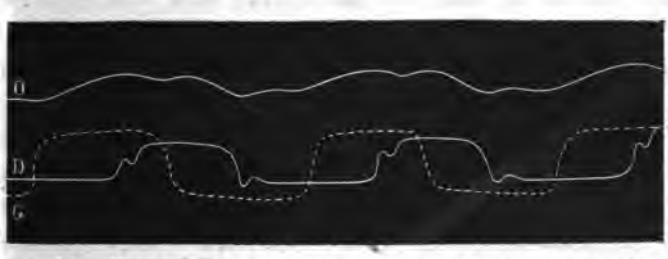


Рис. 31.—Человѣкъ, галопирующій правой ногой впередъ.—Слѣды и противодѣйствія.—Видно забѣганіе одного слѣда за другой, а также висѣніе тѣла на воздухѣ.—Кривая O, соотвѣтствующая противодѣйствіямъ, показываетъ дѣйствіе двухъ послѣдовательныхъ толчковъ, сообщаемыхъ ногами тѣлу.

назадъ, первая падаетъ на землю и производитъ энергическое и продолжительное упираніе, что къ концу этого упиранія и другая нога, въ свою очередь, касается земли на болѣе короткое время,—и что вслѣдъ за этимъ наступаетъ моментъ висѣнія, который длится довольно долго. Слѣдовательно и тутъ есть моментъ, когда обѣ ноги отдѣляются отъ почвы.

При этомъ аллюрѣ противодѣйствія до нѣкоторой степени воспроизводятъ всѣ особенности упираній. Дѣй-

Digitized by Google

ствительно, на линіи противодѣйствій O замѣчается интерференція двухъ вертикальныхъ колебаній, изъ которыхъ второе начинается прежде, чѣмъ окончится первое. За этимъ идетъ паденіе кривой, минимумъ которой соотвѣтствуетъ тому моменту, когда обѣ ноги находятся въ воздухѣ.

IV. *Скачекъ.* Хотя скачекъ не принадлежитъ къ практикуемымъ способамъ передвиженія человѣка, тѣмъ не менѣе мы скажемъ о немъ нѣсколько словъ, чтобы дополнить рядъ аллюровъ, совершаемыхъ человѣкомъ.

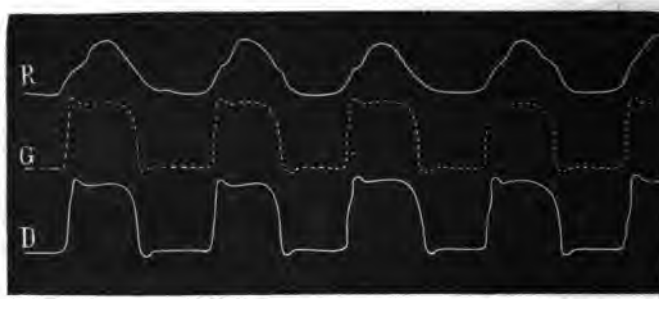


Рис. 32.—Скачки обѣими ногами вмѣстѣ, D и G.—Кривая противодѣйствій R показываетъ, что максимумъ поднятія тѣла соотвѣтствуетъ серединѣ упираній.

Соединивъ обѣ ноги вмѣстѣ, мы можемъ дѣлать рядъ скачковъ и подвигаться впередъ, подобно тому, какъ это дѣлаютъ нѣкоторыя птицы или четвероногія, напр., кэнгуру.

Установивъ на голову аппаратъ, служащій для записыванія вертикальныхъ колебаній тѣла, мы получаемъ за разъ три кривыхъ, изъ которыхъ двѣ соотвѣтствуютъ упираніямъ обѣихъ ногъ, а третья—противодѣйствію. Это и даетъ намъ рисунокъ 32.

Digitized by Google

Мы замѣчаемъ также, что и тутъ максимумъ кривой противодѣйствій (линія B) совпадаетъ съ упираніями ногъ. Это происходитъ отъ того, что обѣ ноги совмѣстно приподнимаютъ тѣло и затѣмъ опускаютъ его въ тотъ моментъ, когда онѣ, сгибаясь, приготовляются сдѣлать новый скачекъ.

Скачекъ на одной ногѣ даетъ (рис. 33) чертежъ, состоящій изъ упираній и приподниманій лишь одной ноги. Приподнятія тѣла совпадаютъ со слѣдами. Наконецъ, когда скачекъ замедляется, то это замедленіе про-

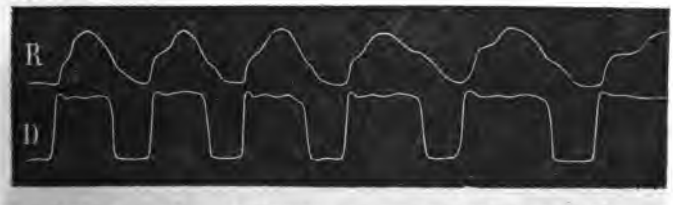


Рис. 33.—D. рядъ скачковъ, произведенныхъ правой ногою Продолжительность времени, когда тѣло находится въ воздухѣ почти постоянна, даже въ тѣхъ случаяхъ, когда продолжительность упиранія измѣняется.

изводится на счетъ періода упиранія, тогда какъ моментъ висѣнія въ воздухѣ представляетъ величину постоянную.

У нѣкоторыхъ видовъ животныхъ послѣдовательные скачки составляютъ обыкновенный способъ передвиженія; было бы интересно прослѣдить графическимъ методомъ различные аллюры этихъ животныхъ.

Письменное изображеніе ритма различныхъ аллюровъ.

Самою выдающеюся особенностью различныхъ родовъ аллюровъ есть, безспорно, ритмъ упираній ногъ. Удары ноги по землѣ производятъ родъ шума, послѣдовательный порядокъ которыхъ опытному уху даетъ возмож-

Digitized by Google

ность опредѣлить самый аллюръ, вызвавшій эти шумы. Мы попытаемся установить классификацію различныхъ аллюровъ, основываясь на порядкѣ, въ которомъ слѣдуютъ ихъ упиранія. Чтобы изобразить каждый изъ этихъ ритмовъ, мы обратимся къ музыкальнымъ знакамъ, измѣняя ихъ такимъ образомъ, чтобы они могли изображать за разъ и продолжительность каждаго изъ упираній и ту ногу, которой соотвѣтствуетъ это упираніе и, наконецъ, продолжительность тѣхъ моментовъ, во время которыхъ тѣло находится въ воздухѣ. Эти знаки для ритмовъ составляются весьма просто, на основаніи тѣхъ чертежей, которые даетъ аппаратъ.

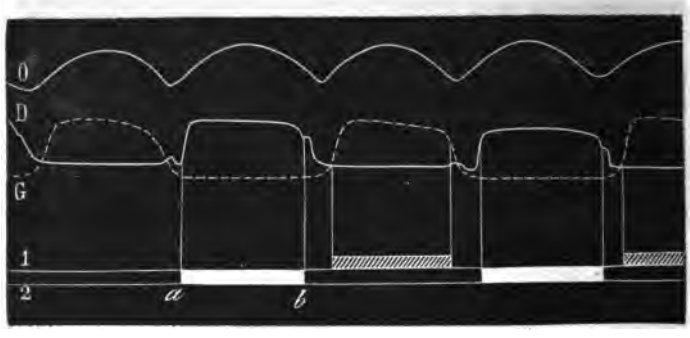


Рис. 34. Письменное изображеніе бѣга человѣка.

Возьмемъ на рисункѣ 34 кривую, изображающую бѣгъ человѣка. Внизу ея проведемъ двѣ горизонтальныя черты 1 и 2, которыя и послужатъ намъ *нотными линейками*, куда впишемъ нашу столь простую музыку, всего изъ двухъ нотъ, носящихъ названія: *правая нога* и *лѣвая нога*. Опустимъ изъ точки начала восходящей кривой, изображающей слѣдъ правой ноги, на нотную линейку перпендикуляръ a. Эта линія опредѣлитъ начало упиранія правой ноги. Перпендикуляръ b, опущенный

Digitized by Google

изъ конца кривой, изобразитъ собою окончаніе упиранія этой ноги. Проведемъ между этими двумя точками широкую бѣлую черту: своею длинною она выразитъ продолжительность періода упиранія правой ноги.

Сдѣлавъ точно такое же построеніе на нотной линейкѣ № 1, мы получимъ изображеніе упиранія лѣвой ноги. Для большей ясности мы изобразили штрихами знаки лѣвой ноги.

Наконецъ, между упираніями обѣихъ ногъ существуетъ *пауза*, выражающая тотъ моментъ бѣга, когда тѣло находится на лету.

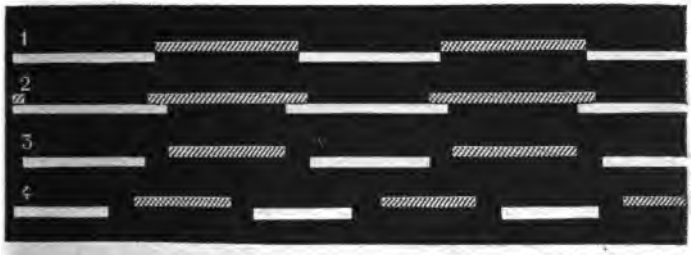


Рис. 35. Синоптическое изображеніе четырехъ правильныхъ, аллюровъ человѣка.

Изображая такимъ образомъ ритмы всѣхъ аллюровъ человѣка, мы можемъ составить синоптическую таблицу которая въ значительной степени облегчитъ сравненіе разнообразныхъ ритмовъ.

Рис. 35 представляетъ синоптическое изображеніе четырехъ аллюровъ правильнаго ритма, въ которыхъ обѣ ноги чередуются между собою.

Линія 1 представляетъ *изображеніе ритма ходьбы*. Основаніе этого изображенія слѣдующее: упираніе правой ноги представлено бѣлой и широкой чертой вродѣ прямоугольника, длина котораго соотвѣтствуетъ про-

Digitized by Google

должительности этого упиранія. Для лѣвой ноги взять сѣроватый прямоугольникъ, составленный изъ косыхъ штриховъ. Чередованіе сѣраго и бѣлаго показываетъ, что при ходьбѣ упираніе одной ноги слѣдуетъ непосредственно и безъ перерыва за упираніемъ другой.

Линія 2 соотвѣтствуетъ *восхожденію на лѣстницу*. Мы замѣчаемъ, что, согласно изложенному нами выше (рис. 29), слѣды забѣгаютъ одинъ за другой, и что, слѣдовательно, тѣло въ теченіи нѣкотораго промежутка времени упирается на обѣ ноги вмѣстѣ.

Линія 3 соотвѣтствуетъ *ритму бѣга*. Здѣсь, за болѣе короткимъ, чѣмъ при ходьбѣ, слѣдомъ правой ноги, идетъ промежутокъ, соотвѣтствующій висѣнью въ воз-

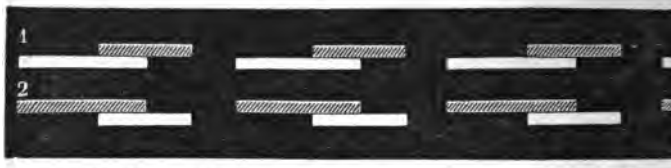


Рис. 36. Изображеніе галопа; 1 галопъ съ лѣва; 2 галопъ съ права.

духѣ, затѣмъ слѣдуетъ короткій ударъ лѣвой ноги, новое висѣнье въ воздухѣ и т. д.

Линія 4 соотвѣтствуетъ *болѣе быстрому бѣгу*. Продолжительность упиранія здѣсь меньше, а продолжительность висѣнья больше, кромѣ того движенія слѣдуютъ другъ за другомъ съ большей быстротой.

Рисунокъ 36 изображаетъ *галопъ дѣтей*, при которомъ обѣ ноги выполняютъ не одно и то же движеніе. На этомъ рисункѣ линія 1 изображаетъ *галопъ съ лѣва*, т. е. лѣвой ногой впередъ. Мы видимъ, что правая нога первая упирается въ землю и что уже потомъ падаетъ лѣвая, но на болѣе короткое время; затѣмъ слѣдуетъ пауза,

Digitized by Google

послѣ которой снова падаетъ правая нога и т. д. Продолжительность совмѣстнаго упиранія обѣихъ ногъ измѣряется пространствомъ, на которомъ сѣрый прямоугольникъ сидитъ верхомъ на бѣломъ.

Линія 2 изображаетъ *галопъ съ права*, т. е., когда правая нога постоянно выставлена впередъ и падаетъ на землю послѣ лѣвой.

Такимъ образомъ въ галопѣ тѣло поперемѣнно, то находится на лету, то упирается или на одну ногу, или же на обѣ.

Наконецъ, на рис. 37 изображены: рядъ скачковъ обѣими ногами одновременно (верхнія линіи) и рядъ скачковъ на одной только правой ногѣ (нижняя линія).

Рис. 37.—(Верхняя линія). Изображеніе ряда скачковъ обѣими ногами разомъ—(Нижняя линія), изображеніе скачковъ на одной правой ногѣ.—Несмотря на измѣняемость упиранія, продолжительность паузъ приблизительно одна и та же.

Этотъ способъ изображенія отличается меньшей полнотой, чѣмъ кривыя, полученныя нами прежде, такъ какъ онъ не показываетъ измѣненій энергіи, съ какою нога давитъ на землю; но за то онъ гораздо нагляднѣе, а главное, представляетъ больше удобствъ для сравненія двухъ аллюровъ между собою. Мы увидимъ впослѣдствіи, когда будемъ говорить о передвиженіяхъ четвероногихъ, что, по сложности предмета, волей-не-волей приходится довольствоваться однимъ этимъ простымъ изображеніемъ ритма движенія.

Опредѣленіе шага въ различныхъ аллюрахъ. Вообще

Digitized by Google

принимаютъ, что *шагъ* состоитъ изъ ряда движеній, происходящихъ въ промежутокъ времени между дѣйствіемъ одной ноги и дѣйствіемъ другой, все равно—считать ли за начало шага тотъ моментъ, когда ноги ударяютъ въ землю, или же тотъ,—когда онѣ отдѣляются отъ нея. Точно также, при измѣреніи длины шага на землѣ, обыкновенно принимаютъ за величину шага то разстояніе, которое отдѣляетъ одинъ какой нибудь пунктъ на слѣдѣ правой ноги отъ соотвѣтственнаго пункта на слѣдѣ лѣвой ноги.

Но мы видимъ себя вынужденными отказаться отъ этого опредѣленія. Вполнѣ сознавая неудобства всякихъ нововведеній въ подобныхъ матеріяхъ, мы тѣмъ не менѣе будемъ разсматривать общепринятый шагъ, лишь какъ *полушагъ*; для настоящаго же шага мы примемъ слѣдующую формулу: *шагъ есть рядъ движеній, происходящихъ между двумя одинаковыми положеніями одной и той же ноги*, напр., между двумя послѣдовательными ударами правой ноги, или двумя послѣдовательными поднятіями лѣвой и т. д.

Слѣдовательно, длина шага на землѣ измѣряется разстояніемъ, отдѣляющимъ два одинаковые пункта, взятые на двухъ послѣдовательныхъ слѣдахъ одной и той же ноги. Какъ кажется, такимъ именно образомъ считаютъ шаги въ Мексикѣ. Только держась именно этого мѣрила, мы въ состояніи будемъ избѣгнуть чрезвычайной запутанности и сбивчивости при изученіи такихъ сложныхъ движеній, какъ движеніе четвероногихъ.

Синтетическое воспроизведеніе аллюровъ человѣка.

Когда мы заканчиваемъ анализъ извѣстнаго явленія и считаемъ себя достаточно знакомыми со всѣми его деталями, мы прибѣгаемъ къ синтезу, чтобы найти въ немъ новое и окончательное подтвержденіе сдѣланныхъ выво-

Digitized by Google

довъ. Методъ этотъ оказалъ намъ большую помощь при провѣркѣ нашихъ теорій по нѣкоторымъ вопросамъ физіологіи, напр. по вопросу о кровообращеніи. Воспроизводя искусственно движенія и удары сердца, артеріальныя пульсаціи и т. п., мы въ состояніи были доказать точность нашихъ теорій о характерѣ этихъ явленій. Тотъ же методъ, какъ увидимъ послѣ, послужитъ намъ для повѣрки нашихъ теорій относительно полета птицъ. Въ настоящемъ случаѣ дѣло идетъ о томъ, чтобы на основаніи данныхъ, добытыхъ анализомъ, воспроизвести движенія какъ ходьбы, такъ и другихъ аллюровъ человѣка.

Всѣмъ извѣстенъ остроумный оптическій инструментъ, придуманный Плато, и которому онъ далъ названіе *фенакистископа*. Этотъ инструментъ, носящій также названіе зоотропа, воспроизводитъ передъ глазомъ цѣлый рядъ послѣдовательныхъ изображеній личностей или животныхъ въ самыхъ разнообразныхъ положеніяхъ. Когда эти положенія координированы такимъ образомъ, что воспроизводятъ передъ глазомъ всѣ послѣдовательныя фазы извѣстнаго движенія, иллюзія оказывается полною. Кажется, будто видишь одушевленныя личности, движущіяся различнымъ образомъ.

Приготовляемый обыкновенно для развлеченія дѣтей, этотъ инструментъ воспроизводитъ только смѣшныя и фантастическія личности, продѣлывающія курьезныя движенія. Но намъ казалось, что если помѣстить въ аппаратъ фигуры, тщательно сдѣланныя и вѣрно изображающія различныя положенія тѣла во время ходьбы, бѣга и т. д., то можно будетъ воспроизвести въ живомъ видѣ всѣ детали этихъ различныхъ аллюровъ человѣка.

Карле, замѣчательные труды котораго мы цитировали выше, и Матіасъ Дюваль, профессоръ анатоміи въ École

Digitized by Google

des Beaux-arts, старались осуществить этотъ планъ и, послѣ нѣсколькихъ попытокъ, достигли блестящихъ результатовъ.

Дюваль въ настоящее время работаетъ надъ усовершенствованіемъ своей картины, которая воспроизводитъ передъ глазомъ 16 послѣдовательныхъ положеній для каждаго шага различныхъ аллюровъ человѣка. Каждая фигура тщательно изображена на основаніи результатовъ, добытыхъ графическимъ методомъ. При извѣстной скорости вращенія, инструментъ передаетъ съ замѣчательною точностью движенія ходьбы или бѣга. Но самое важное преимущество его заключается въ томъ, что, вращая его медленно, мы можемъ получить сильное замедленіе тѣхъ движеній, которыя онъ воспроизводитъ, а глазъ, такимъ образомъ, можетъ безъ всякаго затрудненія подмѣтить всѣ тѣ акты, послѣдовательность которыхъ ускользаетъ отъ наблюденія при обыкновенной ходьбѣ.

Digitized by Google

ГЛАВА IV.

ПЕРЕДВИЖЕНІЯ ЧЕТВЕРОНОГИХЪ, ИЗУЧЕННЫЯ НА ЛОШАДИ.

Недостаточность однихъ органовъ чувствъ для изученія аллюровъ лошади.—Сравненіе Дюже.—Ритмъ аллюровъ, изученный посредствомъ слуха.—Недостаточность рѣчи для выраженія этихъ ритмовъ; музыкальное ихъ обозначеніе. — Нотные знаки для *шаго*, *шага* и *рыси*. — Синоптическая таблица аллюровъ, изображенныхъ согласно опредѣленіямъ различныхъ авторовъ.— Аппараты для графическаго опредѣленія ритмовъ различныхъ аллюровъ и сопровождающихъ ихъ противодѣйствій.

Врядъ ли найдется въ механикѣ какой-либо другой вопросъ, который вызывалъ бы столько изысканій и столько споровъ, какъ вопросъ объ аллюрахъ лошади. Въ глазахъ большаго числа спеціалистовъ, вопросъ этотъ принадлежитъ къ разряду вопросовъ капитальной важности; но его крайняя сложность привела къ нескончаемымъ спорамъ. Тотъ, кто вздумалъ бы въ настоящее время составить трактатъ о различныхъ аллюрахъ лошади, долженъ бы былъ имѣть дѣло съ самыми разнообразными мнѣніями, высказанными цѣлымъ рядомъ ученыхъ.

Просматривая эти сочиненія, въ которыхъ истрачено столько остроумія въ наблюденіяхъ и такая сила мысли,

Digitized by Google

невольно удивляешься тому, что большинство авторовъ этихъ книгъ рѣдко сходятся даже въ опредѣленіи того, что такое аллюръ. Подобное разногласіе со стороны такихъ замѣчательныхъ наблюдателей можетъ быть объяснено лишь недостаточностью тѣхъ средствъ, которыми мы располагаемъ, для анализа столь сложныхъ и столь быстрыхъ движеній, каковы движенія лошади. Трудность выразить словами ритмы и продолжительность этихъ разнообразныхъ движеній еще болѣе увеличиваетъ неурядицу въ общихъ опредѣленіяхъ. Когда лошадь бѣжитъ, перемѣняя безпрестанно аллюры, когда она перекидываетъ ногами съ такой быстротой, что онѣ только мелькаютъ въ глазахъ, и при томъ въ самыхъ разнообразныхъ ритмахъ,—какъ тутъ, въ самомъ дѣлѣ, уловить и точно описать все, что она дѣлаетъ? Это въ родѣ того, какъ, слѣдя за перебѣгающими по клавишамъ пальцами піаниста, разсказать всѣ исполненныя ими движенія.

Однако, несмотря на эту путаницу, уже простое наблюденіе дало возможность установить извѣстныя подраздѣленія, которыя значительно упростили изслѣдованіе. Такъ, нѣкоторые аллюры имѣютъ ритмъ, въ которомъ удары слѣдуютъ другъ за другомъ въ довольно правильномъ порядкѣ. Въ другихъ аллюрахъ, напр., въ различныхъ формахъ галопа, ритмъ является неправильнымъ, но повторяется періодически. Эти-то аллюры всего труднѣе поддаются анализу.

Но если слѣдить за лошадью, когда она идетъ *шагомъ*, *иноходью* или *рысью*, и при этомъ сосредоточить вниманіе или на переднихъ или на заднихъ ногахъ ея, то легко замѣтить, что ритмъ упираній и поднятій, какъ правой, такъ и лѣвой ноги, вполнѣ сходенъ съ ритмомъ ногъ человѣка, который идетъ или бѣжитъ съ большею или меньшею быстротой. Чередованіе ударовъ происходитъ

Digitized by Google

совершенно правильно, если только лошадь не хромаетъ на которую нибудь ногу.

Сравнивая затѣмъ движенія, совершаемыя переднею и заднею ногами одной и той же стороны, мы увидимъ, что обѣ ноги, напр. правой стороны, дѣлаютъ одно и тоже количество шаговъ, и что, если одна изъ нихъ ударяетъ о почву нѣсколько раньше или нѣсколько позднѣе другой, то этотъ промежутокъ сохраняется все время, пока лошадь идетъ тѣмъ же аллюромъ. Прибавимъ при этомъ, что длина шаговъ одна и та же, какъ для передней, такъ и для задней ноги, въ чемъ можно убѣдиться изъ того, что обѣ ноги оставляютъ слѣды, расположенные всегда на одинаковомъ разстояніи другъ отъ друга. Вообще говоря, слѣдъ задней ноги покрываетъ собою слѣдъ соотвѣтственной передней; если же слѣды эти взаимно не покрываютъ другъ друга, то они все таки сохраняютъ всегда одинаковое разстояніе между собою. Такимъ образомъ, шаги и переднихъ и заднихъ ногъ имѣютъ одинаковое протяженіе и одинаковую численность. Факты эти не ускользнули отъ вниманія и прежнихъ наблюдателей.

Дюже сравнивалъ движущееся четвероногое съ двумя людьми, идущими другъ за другомъ и дѣлающими одинаковое число шаговъ. Смотря по тому, какъ они передвигаютъ ноги, въ одно ли и то же или въ разное время, а также смотря по тому, совершаетъ ли свои движенія человѣкъ, идущій впереди, скорѣе или медленнѣе, нежели идущій позади; — мы получимъ всѣ ритмы движеній, свойственные аллюрамъ лошади.

Тѣ, кому приходилось бывать въ циркахъ, могли видѣть мнимыхъ животныхъ, образуемыхъ четырьмя человѣческими ногами, скрытыми подъ туловищемъ животнаго. Эти грубыя подражанія получаютъ иногда порази-

Digitized by Google

тельное сходство, когда движенія обоихъ людей координированы такъ, что воспроизводятъ ритмъ настоящихъ аллюровъ четвероногаго.

Для изученія чертежей, получаемыхъ примѣненіемъ графическаго метода къ аллюрамъ лошади, намъ можетъ оказать нѣкоторую услугу теорія Дюже. Въ самомъ дѣлѣ, разсматривая эти чертежи, мы увидимъ, что это тѣ же кривыя, какія получаются при передвиженіи человѣка, только два раза повторенныя, и что вся разница между обѣими аллюрами заключается лишь въ томъ способѣ, съ какимъ удары задней ноги лошади слѣдуютъ за ударами соотвѣтственной передней.

Надо, однако, замѣтить, что опредѣленіе порядка, въ какомъ удары слѣдуютъ одинъ за другимъ, представляетъ не мало затрудненій даже для самыхъ опытныхъ наблюдателей.

Не мало попытокъ было сдѣлано съ цѣлью усовершенствованія способовъ наблюденія и пополненія недостатковъ языка для выраженія наблюдаемыхъ явленій. Такъ, уже съ давняго времени изученіе посредствомъ глаза замѣнено изученіемъ ритма ударовъ по производимому ими звуку. Дѣйствительно, ухо гораздо болѣе способно, чѣмъ глазъ, различать отношенія послѣдовательности, т. е. ритмъ. Чтобы опредѣлить порядокъ, съ какимъ каждая нога ударяетъ о землю, нѣкоторые изслѣдователи привязывали къ ногамъ лошади звонки различнаго тембра, которые легко можно было различать другъ отъ друга.

Гораздо лучше изучены различные аллюры лошади по отношенію къ пространству, пробѣгаемому ею при каждомъ отдѣльномъ шагѣ. Это пространство опредѣляли непосредственно по разстояніямъ между слѣдами, оставляемыми ногами въ почвѣ. Чтобы легче было узнать

Digitized by Google

слѣды отдѣльныхъ ногъ, каждую ногу лошади подковывали на различный манеръ. Наконецъ, сдѣланы были попытки опредѣлить отношеніе, существующее между ростомъ лошади и длиною ея шаговъ въ различныхъ аллюрахъ.

Однимъ словомъ, всѣ тѣ, кто внесъ что-либо новое въ эту интересную отрасль изслѣдованія, достигли этого лишь употребленіемъ строгаго метода наблюденія.

Съ другой стороны, вниманіе ученыхъ обращено было также и на способъ выраженія наблюдаемыхъ явленій. Почти всѣ они прибѣгали, и весьма успѣшно, къ рисункамъ, хотя мы находимъ у нихъ очень мало единства въ способѣ изображенія послѣдовательныхъ актовъ, характеризующихъ различные аллюры. Самымъ лучшимъ изъ этихъ способовъ и теперь еще остается тотъ, который употребляли въ прошломъ вѣкѣ Венсанъ и Гуаффонъ *). Онъ состоитъ изъ музыкальныхъ линеекъ (числомъ четыре), на которыхъ отмѣчались моменты удара каждой изъ четырехъ ногъ и продолжительность слѣдовавшаго затѣмъ упиранія. Это изображеніе нѣкоторыми своими сторонами напоминаетъ тотъ способъ, которымъ мы пользовались при изображеніи различныхъ ритмовъ передвиженія человѣка и который послужитъ намъ также для изображенія различныхъ аллюровъ лошади. Впрочемъ, не надо забывать, что методъ Венсана и Гуаффона опредѣлялъ лишь послѣдовательность движеній, наблюдаемыхъ зрѣніемъ или слухомъ, и что вся его точность зависѣла исключительно отъ одного наблюдателя.

Наши пишущіе аппараты удовлетворяютъ двумъ цѣ-

*) Mémoire artificielle des principes relatifs à la fidelle représentation des animaux, tant en peinture qu'en sculpture, Alfort, 1769.

Digitized by Google

лямъ: они дѣлаютъ строгій анализъ явленіямъ, которыхъ мы не въ состояніи съ точностью опредѣлить, при помощи нашихъ чувствъ, и затѣмъ даютъ выраженіе результатамъ этого анализа.

Прежде чѣмъ мы будемъ описывать наши опыты, а также для того, чтобы сдѣлать значеніе ихъ яснѣе для читателя, мы постараемся изобразить въ короткихъ словахъ современное состояніе науки и показать, какое разногласіе господствуетъ между различными учеными относительно нѣкоторыхъ пунктовъ. Такъ какъ общепринятыя школьныя опредѣленія не всегда ясны, то мы присоединимъ здѣсь изображеніе каждаго аллюра, въ надеждѣ, что этотъ способъ сдѣлаетъ ихъ болѣе понятными, а, главное, болѣе удобными для сравненія.

Изображеніе знаками различныхъ аллюровъ лошади. — Возвратимся къ сравненію Дюже и представимъ себѣ, что лошадь состоитъ изъ двухъ двуногихъ существъ, идущихъ одинъ за другимъ. Все дѣло теперь, слѣдовательно, будетъ заключаться въ томъ, чтобы опредѣлить порядокъ, въ которомъ должны слѣдовать въ каждомъ аллюрѣ упиранія и поднятія ногъ обоихъ ходоковъ.

Иноходь. Возьмемъ самый простой случай: предположимъ, что оба субъекта идутъ въ шагъ и совершаютъ одни и тѣ же движенія, въ одно и то же время. Если мы изобразимъ движенія этихъ двухъ человѣкъ съ помощью нашихъ нотныхъ знаковъ, записывая ноты, соотвѣтствующія шагамъ передняго на верху, ноты заднаго—внизу, то получимъ слѣдующій рисунокъ. (Рис. 38).

Такъ какъ упиранія правыхъ и лѣвыхъ ногъ обоихъ субъектовъ совершаются въ одно и то же время, то они должны быть изображены одними и тѣми же знаками, помѣщенными другъ надъ другомъ. Между аллюрами

Digitized by Google

лошади такое совпаденіе движеній передней и задней ноги соотвѣтствуетъ *иноходи*. Слѣдовательно, полученное нами изображеніе (рис. 38) выражаетъ иноходь лошади; верхняя линія соотвѣтствуетъ движеніямъ передней ноги, а нижняя—задней.

Школьное опредѣленіе иноходи состоитъ въ слѣдующемъ: иноходь есть аллюръ, характеризующійся перемежающимися движеніями двухъ двуногихъ, соединенныхъ лицомъ впередъ (deux bipèdes latéraux). Относительно этого опредѣленія между учеными царитъ полное согласіе. Прибавимъ къ этому, что въ иноходи ухо различаетъ только *два удара* при каждомъ шагѣ, такъ какъ обѣ ноги, находящіяся на одной сторонѣ, ударяютъ объ землю въ одно и то же время. (На нашемъ чертежѣ эти два звука

Рис. 38.—Изображеніе нотными знаками иноходи лошади.

выражены вертикальными линіями, соединяющими оба синхроническія упиранія).

Въ иноходи упираніе тѣла носитъ названіе *бокового*, такъ какъ съ землею соприкасаются одновременно только ноги одной стороны тѣла.

Шагъ. По опредѣленію большинства ученыхъ *шагъ* есть аллюръ состоящій въ правильной послѣдовательности ударовъ четырехъ ногъ, касающихся земли въ слѣдующемъ порядкѣ, считая съ передней правой ноги: *передняя правая*, *задняя лѣвая*, *передняя лѣвая* и, наконецъ, *задняя правая*.

Чтобы выразить эту послѣдовательность въ видѣ движеній двухъ двуногихъ, достаточно перемѣстить знаки нижней линіи по отношенію къ знакамъ верхней. Сдви-

Digitized by Google

нувъ влѣво знаки лѣвыхъ ногъ, мы получимъ слѣдующую фигуру, соотвѣтствующую вышеуказанному ритму

Такимъ образомъ мы видимъ, что, по отношенію къ иноходи, шагъ состоитъ въ забѣганіи впередъ заднихъ ногъ, удары которыхъ предшествуютъ ударамъ соотвѣтствующихъ переднихъ на цѣлую половину упиранья.

Читая эти знаки слѣва направо, какъ при обыкновенномъ чтеніи, мы замѣчаемъ, что всякій знакъ, расположенный лѣвѣе другаго, предшествуетъ ему въ порядкѣ слѣдованія ногъ. Такъ, изъ рисунка 39 видно, что ударъ задней правой ноги предшествуетъ удару передней правой. Но такъ какъ въ ряду послѣдовательныхъ актовъ одного и того же шага все равно, какой

Рис. 39.—Изображеніе шага лошади.

бы моментъ не взять за точку исхода, то мы постоянно будемъ считать за начало шага ударъ передней правой ноги. Слѣдовательно, наши ноты будутъ читаться такъ: ударъ передней правой ноги (первый темпъ шага) имѣетъ мѣсто въ срединѣ упиранія правой задней ноги. Въ этомъ аллюрѣ ухо различаетъ четыре удара, отдѣленные другъ отъ друга правильными промежутками времени (каждый изъ нихъ обозначенъ на рисункѣ вертикальною линіею).

Наконецъ, упираніе тѣла во время однаго шага бываетъ *два раза боковымъ* и *два раза діагональнымъ*. Въ этомъ легко убѣдиться изъ рис. 39, гдѣ видно, что

Digitized by Google

послѣ перваго удара тѣло упирается на обѣ правыя ноги (боковое двуногое L.), а послѣ втораго удара—на переднюю правую и заднюю лѣвую (діагональное двуногое D.) и т. д.

Но этотъ способъ изображенія соотвѣтствуетъ только наиболѣе принятой теоріи шага. Есть авторы, которые отрицаютъ равномѣрность промежутковъ между ударами. Впослѣдствіи, перейдя къ опытамъ, мы увидимъ, что шагъ дѣйствительно можетъ имѣть различные ритмы.

Рысь это аллюръ, представляющій еще большую степень забѣганія впередъ заднихъ ногъ, изъ которыхъ каждая вполнѣ заканчиваетъ свое упираніе и переходитъ къ поднятію въ тотъ моментъ, когда передняя нога той же сто-

Рис. 40.—Изображеніе рыси лошади.

роны лишь ударяетъ въ землю. Рис. 40 изображаетъ абсолютную перемежаемость движеній двухъ людей.

Всѣ авторы согласны въ томъ, что при рыси ноги координируются діагональными парами.

Ухо различаетъ здѣсь только *два удара*, какъ при иноходи, но съ тѣмъ только различіемъ, что каждый звукъ производится одною правою и одною лѣвою ногою, а не двумя ногами одной и той же стороны.

Рисунокъ показываетъ также, что упираніе тѣла происходитъ здѣсь въ діагональномъ направленіи; но онъ не показываетъ, что между двумя послѣдовательными упираніями тѣло животнаго остается на мгновеніе въ воздухѣ; это висѣніе зависитъ оттого, что рысь не есть аллюръ хода, но аллюръ бѣга, и что для вѣрнаго изображенія

Digitized by Google

его надобно соединить вмѣстѣ двѣ ноты бѣга, какъ мы это сдѣлали на рисункѣ 34.

Мы намѣренно не обозначаемъ на рисункѣ время этого висѣнія тѣла, потому что это только затруднило бы изложеніе предмета, и безъ того труднаго. Къ тому же висѣніе имѣетъ мѣсто не во всѣхъ случаяхъ. Нѣкоторыя лошади отличаются такъ называемой *низкой рысью*, представляющей лишь ритмъ въ два темпа и діагональные удары.

Мы не станемъ утомлять читателя подробнымъ перечисленіемъ всѣхъ опредѣленій различныхъ аллюровъ лошади, предложенныхъ различными авторами, а ограничимся только тѣмъ, что представимъ въ синоптической таблицѣ рядъ знаковъ, соотвѣтствующихъ ихъ аллюрамъ. Изъ этой таблицы (рис. 41) видно, что всѣ такъ называемые *низкіе аллюры* могутъ быть разсматриваемы, какъ производные отъ иноходи и что, еслибы кто либо пожелалъ составить методическую классификацію этимъ аллюрамъ, ему слѣдовало бы группировать ихъ въ рядъ, первымъ членомъ котораго была бы иноходь, а всѣ остальные получались бы посредствомъ все болѣе и болѣе увеличивающагося забѣганія впередъ задней ноги. Рис. 41 представляетъ собою такой рядъ. Въ изображеніи каждаго аллюра ударъ передней правой ноги, который мы условились считать за начало шага и который можетъ служить намъ для характеристики каждаго аллюра, отмѣченъ на одной и той же вертикальной линіи.

Эта таблица, составленная на основаніи различныхъ *трактатовъ о внѣшнемъ видѣ лошади*, передаетъ, на сколько это было для насъ возможно, все то, что каждый авторъ считалъ существенной особенностью того или другаго аллюра. Изъ объясненій къ рисунку видно, какое разногласіе существуетъ между

Digitized by Google

различными теоріями относительно послѣдовательности движеній, свойственныхъ каждому аллюру. Можно сказать, что за исключеніемъ иноходи, въ опредѣленіи которой всѣ согласны, остальные аллюры опредѣляются самымъ различнымъ образомъ. Такъ, фигура № 2, соотвѣтствующая по опредѣленію Мерша, *неправильной иноходи*, для Буле является выраженіемъ *высокаго шага* или аллюра нормандскихъ клепперовъ, тогда какъ по Лекоку этотъ *нормандскій аллюръ* соотвѣтствуетъ № 9. По Мершу № 3 соотвѣтствуетъ *обыкновенному шагу аллюрной лошади*, для Буле же это *неправильная иноходь*, а для Лекока *полуиноходь*, которая опять таки, по Мершу, соотвѣтствуетъ аллюру № 10. Даже обыкновенный *шагъ* опредѣляется этими авторами различно: если большинство изъ нихъ, согласно съ Венсаномъ и Гуаффономъ, Коленомъ, Буле и т. д., допускаетъ въ этомъ аллюрѣ послѣдовательные удары, раздѣленные равными промежутками времени, то для Лекока и Раабе нормальный *шагъ* опять что-то совсѣмъ другое.

Разногласіе это, впрочемъ, не трудно объяснить. Во первыхъ очень трудно наблюдать, за этими движеніями, а во вторыхъ, въ природѣ шагъ можетъ имѣть различныя формы, смотря по условіямъ, и эти-то различныя формы каждый ученый бралъ произвольно за типъ нормальнаго шага. При этомъ каждый изъ нихъ руководствовался чисто теоретическими соображеніями. Такъ, напр., тѣ, кто допускаетъ ровные интервалы между четырьмя ударами ногъ, видятъ въ этомъ типѣ шага большую ясность и болѣе рѣзкое различіе съ иноходью и рысью. Другіе искали въ шагѣ, который долженъ былъ служить за типъ, осуществленіе извѣстнаго идеала. Для Раабе, этотъ идеалъ заключается въ максимумѣ устойчивости, который по теоріи достигается тогда, когда тяжесть тѣ-

Digitized by Google

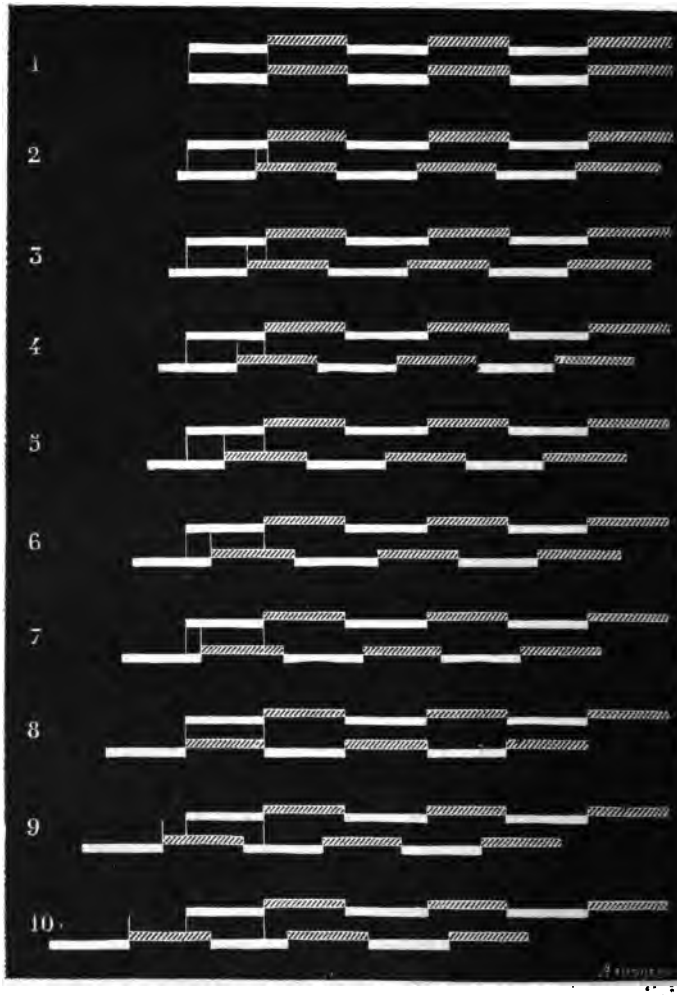


Рис. 41. Синоптическая табл. аллюровъ лошади, по опредѣлен. различн. автор.

№ 1 Иноходь по опредѣленію всѣхъ авторовъ. № 2 Неправильная иноходь по Мершу. Высокій шагъ. по Булэ № 3 Обыкновенный шагъ аллюрной лошади по Мазюру. Неправильная иноходь по Булэ. Полуиноходь (Traquenard) по Лекоку. № 4 Нормальный шагъ по Лекоку. № 5 Нормальный шагъ по Булэ, Венсану, Гуаффону, Соллезелю, и Колену. № 6 Нормальный шагъ по Раабе. № 7 Перерывистая рысь. № 8 Обыкновенная рысь (на рисункѣ предполагается, что лошадь идя рысью, не покидаетъ земли, но это бываетъ рѣдко. Наши знаки выражаютъ только ритмъ ударовъ). № 9 Нормандскій аллюръ по Лекоку. № 10 Полуиноходь, по Мершу.

Digitized by Google

ла упирается дольше на двѣ діагональныя ноги, чѣмъ на боковыя: отсюда выборъ типа, изображеннаго фигурою № 6. Напротивъ, Лекокъ, считая, что наилучшій шагъ есть наиболѣе быстрый шагъ, принялъ за типъ тотъ шагъ, въ которомъ тяжесть тѣла упирается дольше на боковыхъ ногахъ, нежели на діагональныхъ (фиг. № 4).

Но каковы бы ни были достоинства этихъ соображеній, оцѣнить которыя могутъ одни практики, по нашему мнѣнію, физіологъ прежде всего долженъ заниматься изслѣдованіемъ фактовъ, и просто и ясно констатировать тѣ типы, которые ему даетъ опытъ.

Съ этою цѣлью и были произведены описанные ниже опыты, которые выполнены всѣ съ помощью пишущихъ аппаратовъ.

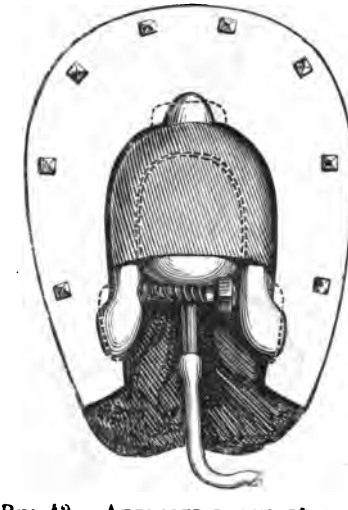


Рис. 42.—Аппаратъ для изслѣдованія давленія копыта на землю.

Аппараты, для изученія передвиженій лошади. Испытующая подошва, употребленная нами при изученіи аллюровъ человѣка, замѣнена у лошади каучуковымъ пузыремъ, набитымъ конскимъ волосомъ и удерживаемымъ подъ копытомъ лошади посредствомъ механизма, прилаженнаго къ подковѣ.

Посредствомъ распирательнаго винта, закрѣпляютъ подъ подковой трое клещей, которые довольно прочно поддерживаютъ весь аппаратъ; поперегъ подковы натягивается широкая каучуковая тесьма, къ промежуткѣ (рис. 42) между которой и подошвой помѣщается на-

Digitized by Google

битый волосомъ пузырь, образующій легкое возвышеніе на нижней поверхности копыта. Когда нога ударяетъ въ землю, каучуковый пузырь сдавливается и выгоняетъ въ пишущій инструментъ часть заключающагося въ немъ воздуха. При поднятіи же ноги шарикъ принимаетъ свою прежнюю форму и вновь наполняется воздухомъ, вытѣсненнымъ изъ него вслѣдствіе давленія. Эти аппараты очень быстро портятся на мостовыхъ, но могутъ дѣйствовать долгое время на искусственной почвѣ манежа.

Рис. 43. — Аппаратъ для изслѣдованія упираній и поднятій копыта лошади.

Для нашихъ опытовъ, которые мы производили на обыкновенныхъ дорогахъ и на уличныхъ мостовыхъ, мы прибѣгали къ инструменту, представленному на рис. 43.

На берцовомъ суставѣ лошади надѣвается родъ мѣднаго браслета, стянутаго ремнями. Этотъ браслетъ служитъ опорой для аппарата, который располагается на передней его поверхности. Онъ состоитъ во первыхъ изъ плоской каучуковой подушки, плотно прилаженной спереди браслета и сообщающейся посредствомъ трубокъ съ пишущимъ аппаратомъ. Всякое давленіе, про-

Digitized by Google

изведенное на каучуковую подушку, передается пишущему рычагу. Слѣдовательно, все дѣло заключается теперь въ томъ, чтобы движенія ноги лошади могли передаваться въ видѣ давленія на каучуковую подушку, потому что тогда они могутъ быть отмѣчены пишущимъ рычагомъ.

Для этой цѣли служитъ мѣдная пластинка, наклоненная подъ угломъ въ 45 градусовъ. Верхній конецъ ея прикрѣпляется посредствомъ шарнера, а нижній соединенъ посредствомъ крѣпкаго стержня съ передней поверхностью каучуковой подушки, на которую она упирается черезъ посредство плоскаго круга. Наконецъ, на другомъ стержнѣ, идущемъ параллельно къ мѣдной пластинкѣ, скользитъ свинцовый шарикъ, положеніе котораго можно измѣнять чтобы увеличить или уменьшить давленіе подвижной части аппарата на каучуковую подушку.

Назначеніе этого аппарата такое же, какъ и инструмента, изображеннаго на рисункѣ 28: онъ долженъ отмѣчать противодѣйствія, происходящія при различныхъ родахъ передвиженія. Только благодаря наклоненію подвижныхъ частей онъ можетъ дѣйствовать на перепонку какъ при опусканіи, такъ и при поднятіи и горизонтальномъ передвиженіи ногъ.

Когда копыто ударяетъ въ землю, шарикъ, стремясь продолжать свое движеніе, быстро сдавливаетъ каучуковую подушку. Когда нога поднимается, шарикъ, въ силу инерціи, снова производитъ давленіе при помощи механизма, уже описаннаго по поводу рисунка 28.

Благодаря обязательности Пеллье, мы имѣли возможность производить опыты надъ нѣсколькими лошадьми, на которыхъ онъ самъ ѣздилъ, держа въ рукахъ пишущіе аппараты. Надѣвъ на лошадь описанныя выше по-

Digitized by Google

душки, прилаживаютъ къ нимъ трубки съ толстыми стѣнками, что бы ихъ трудно было раздавить. Эти трубки обыкновенно привязываются къ ногамъ лошади фланелевыми тесьмами и соединяются въ одинъ общій узелъ на загривкѣ; оттуда онѣ идутъ къ пишущему аппарату, о которомъ мы уже говорили при опытахъ надъ передвиженіемъ двуногихъ. Только здѣсь этотъ аппаратъ состоитъ изъ

Рис. 44.—Этотъ рисунокъ изображаетъ лошадь, идущую рысью и снабженную всѣми испытующими аппаратами, всадникъ же держитъ въ рукахъ пишущій аппаратъ.—На загривкѣ и на крестцѣ лошади помѣщены аппараты, изслѣдующіе противодѣйствія.

большаго числа рычаговъ; ихъ необходимо по крайней мѣрѣ четыре, по одному для каждой ноги, и кромѣ того два другихъ рычага служатъ для передачи противодѣйствій загривка и крестца. Для послѣдней цѣли обыкновенно пользуются такими же аппаратами, какіе изображены на рис. 28.

Digitized by Google

Наѣздникъ держитъ за рукоятку ручной пишущій аппаратъ, на которомъ всѣ рычаги пишутъ за разъ; другой рукой, въ которой держитъ уздцы, онъ сдавливаетъ каучуковый пузырь всякій разъ, когда нужно привести въ дѣйствіе пишущій аппаратъ. Рис. 44 изображаетъ общее расположеніе аппаратовъ въ одинъ изъ такихъ моментовъ.

Digitized by Google

ГЛАВА V.

Опыты надъ аллюрами лошади.

Двоякая цѣль этихъ опытовъ: физіологическая и артистическая.—Опыты надъ рысью; слѣды упираній и противодѣйствій.—Изображеніе рыси знаками.—Коллея рыси.—Изображеніе лошади на рысяхъ.—Опыты надъ шагомъ лошади.—Изображеніе знаками этого аллюра; его разнообразіе.—Коллея шага.—Изображеніе лошади, идущей шагомъ.

Опыты эти имѣютъ двоякую цѣль: съ физіологической точки зрѣнія они должны выразить дѣйствія и противодѣйствія всякаго аллюра, энергію и продолжительность каждаго движенія, ритмъ ихъ послѣдовательности. Но не менѣе интересно и для артиста точное знаніе положенія тѣла, соотвѣтствующаго каждому моменту извѣстнаго аллюра. Только такимъ образомъ онъ можетъ вѣрно изобразить лошадь со всѣми разнообразными позитурами, ее характеризующими. Всѣ эти данныя доставляются пишущими аппаратами, и артисту нечего опасаться впасть въ ошибку, если онъ будетъ согласовать свой эскизъ съ тѣми указаніями, которыя даетъ ему чертежъ, полученный при помощи аппарата.

Digitized by Google

Замѣчательное сочиненіе Венсана и Гуаффона имѣло именно цѣлью выработать строгія начала, которыми долженъ руководствоваться художникъ для вѣрнаго изображенія лошади. Мы сдѣлаемъ нѣсколько заимствованій изъ этой книги, которая теперь совсѣмъ почти забыта и которая не оказала на искусство того вліянія, какого можно было ожидать отъ нея. Отчасти это, вѣроятно, произошло отъ неясности изложенія, а еще болѣе оттого, что авторы ею пользовались, при апализѣ аллюровъ лошади, лишь прямымъ наблюденіемъ и потому самому не могли подмѣтить всѣхъ деталей. Но будемъ ли мы счастливѣе ихъ въ изложеніи этого предмета? Надѣемся, что такъ; во всякомъ случаѣ мы увѣрены въ одномъ, а именно въ совершенной точности тѣхъ данныхъ, которыя мы получили, благодаря нашимъ аппаратамъ.

Полковникъ Дюгуле предложилъ намъ свои услуги для изображенія различныхъ аллюровъ лошади. Ему принадлежатъ рисунки, находящіеся въ настоящей главѣ и составляющіе вѣрное воспроизведеніе нотныхъ знаковъ, къ нимъ приложенныхъ.

Мы заимствуемъ также у Дюгуле нѣкоторые документы относительно изображенія различныхъ аллюровъ лошади.

Распознаваніе коллеи, т. е. тѣхъ отпечатковъ, которые нога лошади оставляетъ на почвѣ, имѣетъ очень большую важность. Эти слѣды даютъ возможность опытному глазу сразу опредѣлить аллюръ, которымъ они произведены. Художникъ можетъ извлечь изъ изученія этихъ слѣдовъ громадную пользу. Они одни даютъ ему возможность изобразить, какъ слѣдуетъ, ноги лошади въ моментъ упиранія, съ сохраненіемъ дѣйствительнаго разстоянія между ними и сообразно росту животнаго и быстротѣ аллюра. Мы отошлемъ читателя къ сочиненіямъ Венсана

Digitized by Google

и Гуаффона, барона Кюрнье, Колена и др. и ограничимся лишь изображеніемъ, на основаніи этихъ писателей, коллей, свойственныхъ каждому аллюру.

Первый рядъ опытовъ, результаты которыхъ мы будемъ анализировать, былъ произведенъ въ манежѣ молодаго Пелье. На каждой ногѣ лошади надѣтъ былъ аппаратъ для изслѣдованія давленій, вродѣ того, который изображенъ на рис. 42. Прежде всего мы изложимъ наши опыты надъ рысью лошади. Коллеи, получаемые при этомъ движеніи, весьма легко опредѣлить, такъ что ихъ изученіе можетъ послужить намъ основою для болѣе сложнаго анализа другихъ аллюровъ.

Рысь.

Опыты надъ рысью. Старая, хорошо выдрессированная лошадь дала намъ чертежъ, изображенный на рисункѣ 45. На этомъ рисункѣ представлены, какъ кривыя упираній четырехъ ногъ, вмѣстѣ съ изображающими ихъ нотными знаками, такъ и противодѣйствія, претерпѣваемыя лошадью при этомъ аллюрѣ.

Проанализируемъ детали этихъ кривыхъ. Сверху изображены противодѣйствія переднихъ ногъ, опредѣляемыя на загривкѣ—линія RA (переднія противодѣйствія), и противодѣйствія заднихъ ногъ, опредѣляемыя на крестцѣ—линія RA (заднія противодѣйствія).

Внизу помѣщены кривыя упираній всѣхъ четырехъ ногъ. Онѣ расположены на двухъ различныхъ уровняхъ: вверху—кривыя переднихъ ногъ, внизу—заднихъ. Въ каждомъ изъ этихъ рядовъ кривыя лѣвой ноги обозначены пунктиромъ, кривыя правой — сплошной линіею. (Въ обоихъ рядахъ кривыя переднихъ ногъ сдѣланы

Digitized by Google

толще, чѣмъ заднихъ; это различіе, неимѣющее боль-

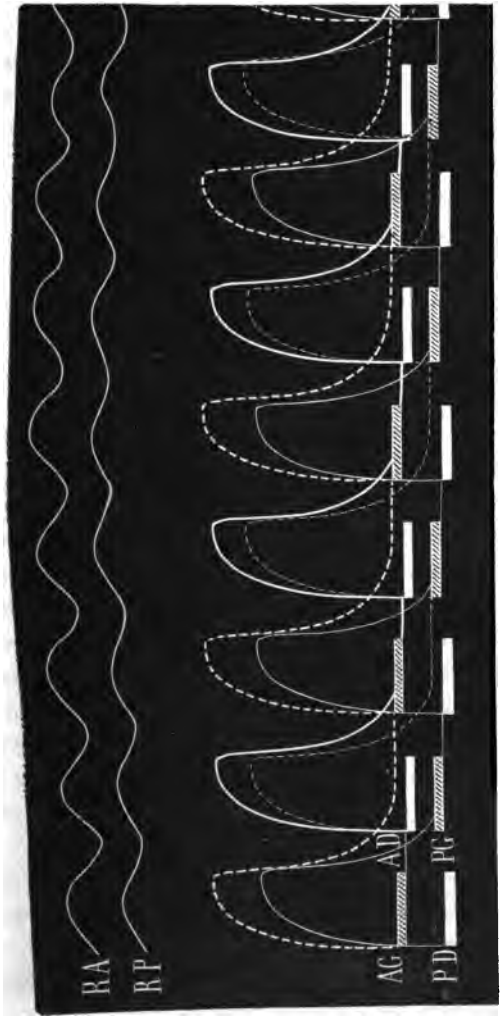


Рис. 45.—Графическое и нотное изображеніе лошадиной рыси.—RA, противодѣйствія переднихъ ногъ.—RP, противодѣйствія задней ноги.—AG и AD, кривыя и нотныя изображенія переднихъ ногъ.—PD и PG, кривыя и нотныя изображенія заднихъ ногъ.

шаго значенія для простыхъ кривыхъ рыси, положи-

Digitized by Google

тельно необходимо для пониманія кривыхъ при болѣе сложныхъ аллюрахъ).

Моментъ, когда кривая поднимается вверхъ, обозначаетъ собою начало упиранія ноги въ землю. Моментъ же ея нисхожденія указываетъ на поднятіе ноги [1]). Изъ рисунка видно, что ноги AG и PD, т. е. *передняя лѣвая* и *правая задняя*, ударяютъ въ землю въ одно и тоже время. Одновременное паденіе кривыхъ обоихъ ногъ показываетъ, что ихъ поднятіе совершается тоже въ одно время. Внизу помѣщены нотные знаки, выражающіе продолжительность упиранія лѣвой діагональной пары [2]).

Второй ударъ производится ногами AD и PG, т. е. правой діагональной парой, потомъ опять лѣвой и т. д., по всей длинѣ рисунка.

Этотъ опытъ подтверждаетъ точность общепринятой теоріи рыси, дополняя ее въ нѣкоторыхъ отношеніяхъ. Такъ, всѣ ученые согласно принимаютъ за типъ свободной рыси такой аллюръ, гдѣ всѣ четыре ноги производятъ два удара, и гдѣ обѣ діагональныя пары поочередно упираются въ землю. Они допускаютъ также, что рысь—*высокій* аллюръ, т. е. такой, при которомъ животное, въ промежутокъ между двумя послѣдовательными ударами, нѣкоторое время находится въ воздухѣ.

Но разногласіе начинается тотчасъ же, какъ только дѣло

---

[1]) Продолжительность упиранія, собственно говоря, должна бы выразиться горизонтальною линіею, но, чтобы ослабить быстроту толчковъ, сообщаемыхъ пишущимъ рычагомъ, мы сдѣлали трубки настолько узкими, что отъ этого нѣсколько измѣнилась форма кривыхъ. Впрочемъ, это не составляется особаго неудобства при изученіи ритма.

[2]) Каждая діагональная пара обозначаетъ по участвующей въ ней передней ногѣ.

Digitized by Google

коснется опредѣленія продолжительности этого момента висѣнія тѣла въ воздухѣ; по Булэ, напр., она очень незначительна сравнительно съ продолжительностью упиранія, а по Раабе, напротивъ, само упираніе слишкомъ непродолжительно, такъ что лошадь, идущая рысью, находится больше въ воздухѣ, чѣмъ на землѣ.

Изъ нотныхъ знаковъ, представленныхъ на рис. 45, видно, что упиранія продолжаются вдвое дольше, чѣмъ висѣніе. Такъ что, повидимому, этотъ опытъ говоритъ больше въ пользу теоріи Булэ, а не Раабе; но намъ кажется, что продолжительность упиранія и положенія тѣла на воздухѣ при рыси подвержена сильнымъ колебаніямъ.

Нѣкоторыя лошади напр., дали намъ въ упряжи чертежи, въ которыхъ фаза висѣнія тѣла была почти незамѣтна; такъ что этотъ видъ рыси скорѣе принадлежитъ къ *низкимъ* аллюрамъ, сохраняя отъ общаго типа лишь полный синхронизмъ діагональныхъ ударовъ. Мы еще не имѣли случая изучать быструю рысь; въ ней можетъ быть обнаружится противоположное явленіе, т. е. что время, когда тѣло находится на лету, будетъ возрастать насчетъ продолжительности упиранія.

Что касается отношенія, существующаго между противодѣйствіями тѣла (RA и RP) и движеніями ногъ, то изъ рисунка мы видимъ, что моментъ, когда тѣло находится въ самомъ низу своего вертикальнаго колебанія, какъ разъ совпадаетъ съ тѣмъ, когда ноги не прикасаются къ землѣ. Слѣдовательно, висѣніе тѣла въ воздухѣ зависитъ не оттого, что оно будто бы подбрасывается вверхъ, но есть слѣдствіе сгибанія всѣхъ четырехъ ногъ за разъ. Максимумъ высоты поднятія тѣла соотвѣтствуетъ, напротивъ, тому моменту, когда ноги оканчиваютъ свое упираніе. Изъ чертежа видно, что приподнятіе тѣла

Digitized by Google

начинается лишь немного времени спустя послѣ каждаго двойнаго удара и продолжается во все время упиранія.

Наконецъ, тотъ же чертежъ показываетъ, что противодѣйствія передней ноги гораздо значительнѣе задней. Этотъ фактъ постоянно повторялся при всѣхъ нашихъ опытахъ; впрочемъ, эта неравномѣрность противодѣйствій несравненно рѣзче бываетъ выражена при шагѣ, гдѣ на загривкѣ противодѣйствія даютъ весьма замѣтныя величины, тогда какъ на крестцѣ они едва уловимы.

О перерывистой рыси. Свободной рысью обыкновенно называется такая, которая производитъ два ясныхъ удара при каждомъ шагѣ; въ перерывистой же рыси каждый звукъ какъ бы раздваивается, вслѣдствіе отсут-

Рис. 46.—Изображеніе перерывистой рыси.

ствія синхронизмовъ въ ударахъ каждыхъ діагональныхъ паръ.

Перерывистая рысь попадалась намъ во многихъ нашихъ опытахъ. Она или составляла постоянный аллюръ лошади, и тогда недостатокъ синхронизма замѣчался то на обѣихъ діагональныхъ парахъ, то на одной; или же она появлялась только моментами, при переходѣ отъ одного аллюра къ другому. Во всѣхъ произведенныхъ нами до сихъ поръ опытахъ, недостатокъ синхронизма зависѣлъ постоянно отъ опаздыванія задней ноги относительно своей діагональной передней.

На рисункѣ 46 представлены нотные знаки перерывистой рыси, въ которой діагональные удары отдѣлены

Digitized by Google

довольно значительнымъ промежуткомъ времени. Объ этомъ можно судить по степени наклоненія пунктированной линіи, соединяющей удары діагональныхъ паръ.

Коллея рыси изображена на рисункѣ 47 по Венсану и Гуаффону. Каждый слѣдъ бываетъ всегда двойной, такъ какъ задняя нога постоянно попадаетъ въ слѣды соотвѣтствующей передней.

На рисункѣ 47 это совпаденіе слѣдовъ передано не вполнѣ точно, съ цѣлью избѣжать неясности; по той же причинѣ слѣды передней ноги изображены пунктиромъ, а задней—сплошной линіей. При рыси слѣды лѣвыхъ ногъ правильно чередуются со слѣдами правыхъ.

Рис. 47. Коллея рыси по Венсану и Гуаффону.

Разстоянія, отдѣляющія слѣды одной и той же стороны, значительно измѣняются отъ скорости рыси и роста лошади.

Изображая лошадь, идущую рысью, необходимо строго различать разнообразныя формы этого аллюра.

На рис. 48 изображена *низкая* и *короткая рысь*. Она обыкновенно наблюдается при началѣ движенія лошади, или же въ тотъ моментъ, когда лошадь переходитъ отъ шага къ рыси. Діагональныя упиранія слѣдуютъ другъ за другомъ безъ интерваловъ, какъ это видно изъ нотныхъ знаковъ, помѣщенныхъ внизу рисунка. По этимъ же знакамъ была нарисована и лошадь.

Художникъ выбралъ моментъ, обозначенный на нотныхъ знакахъ бѣлою точкою. Въ этотъ моментъ, какъ

Digitized by Google

показываетъ взаимное положеніе слѣдовъ, передняя лѣвая нога оканчиваетъ свое упираніе, передняя правая начинаетъ касаться земли, задняя правая оканчиваетъ упираніе, а задняя лѣвая становится на землю. Наклоненіе ногъ вполнѣ соотвѣтствуетъ каждой фазѣ поднятія и упиранія. Разстояніе между ногами именно такое, кото-

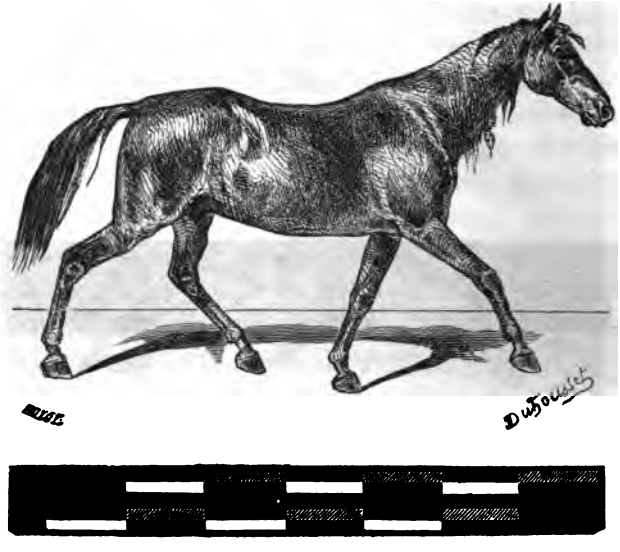


Рис. 48. Лошадь, идущая низкою рысью. Моментъ, соотвѣтствующій положенію лошади, изображенному на рисункѣ, обозначенъ *бѣлою* точкою на нотныхъ знакахъ.

рое указываютъ слѣды, оставленные на землѣ. Изъ рисунка 48 видно, что лошадь идетъ *короткой рысью*, такъ какъ задняя нога въ моментъ опусканія не попадаетъ въ слѣдъ, оставленный соотвѣтствующей передней ногой.

Высокая и *длинная рысь* изображены на рисункѣ 49,

Digitized by Google

который послужилъ уже намъ для объясненія расположенія аппаратовъ на лошади и въ рукахъ ѣздока.

Лошадь срисована въ тотъ моментъ, который обозначенъ на нотныхъ знакахъ точкою, т. е. когда тѣло на-

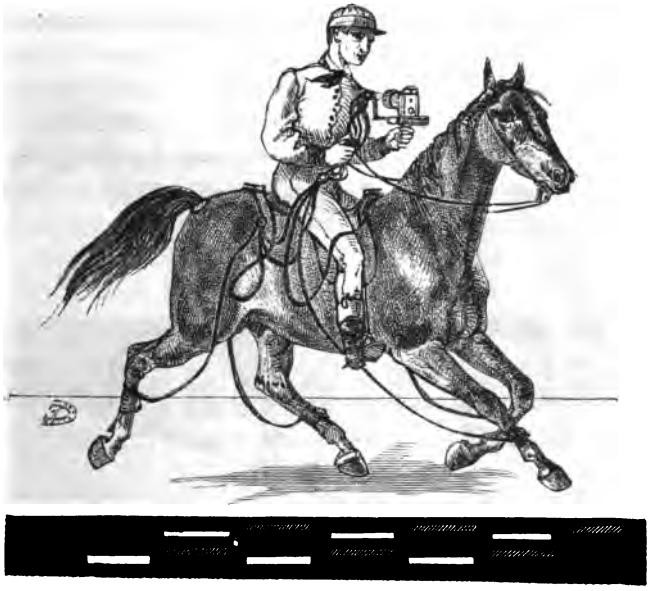


Рис. 49. Лошадь, идущая высокой рысью. Точка, поставленная на знакахъ, соотвѣтствуетъ изображенному положенію лошади.

ходится въ воздухѣ; лѣвая діагональная пара при-этомъ приподнимается, а правая приготовляется опуститься.

Шагъ.

Опыты надъ движеніемъ шагомъ. Разъясненія, которыя мы сдѣлали при анализѣ кривыхъ рыси, значительно облегчатъ намъ пониманіе кривыхъ шага, изображенныхъ

Digitized by Google

на рисункѣ 50. Эти кривыя получены отъ той же лошади, какъ и предыдущія.

Если мы продолжимъ вертикальными линіями начало каждой кривой, то получимъ положенія послѣдовательныхъ ударовъ всѣхъ четырехъ ногъ. Такъ какъ по толщинѣ кривой мы опредѣляемъ соотвѣтствующую ногу, то мы можемъ обозначить буквами на каждой продолженной вертикали ту ногу, которая въ данный моментъ производитъ ударъ. Такимъ образомъ порядокъ послѣдовательности ударовъ изобразится слѣдующими буквами: AD, PG, AG, PD; что означаетъ: *передняя правая*, *заднія лѣвая*, *передняя лѣвая* и *задняя правая*. Этотъ порядокъ принятъ всѣми авторами.

Остается опредѣлить большую или меньшую правильность въ послѣдовательности ударовъ и относительную величину интерваловъ, ихъ раздѣляющихъ. Для этого достаточно построить, на основаніи полученныхъ кривыхъ, нотные знаки ритма упираній каждой ноги. На рисункѣ 50 эти знаки показываютъ, что интервалъ, раздѣляющій удары, остается постоянно однимъ и тѣмъ же, и что, слѣдовательно, лошадь опирается одинаковое время какъ на діагональныя, такъ и на боковыя пары. Но это не всегда бываетъ такъ.

Чтобы сдѣлать вполнѣ понятнымъ послѣдовательное положеніе центра тяжести, мы изложимъ вкратцѣ, какимъ образомъ получились нотные знаки на рисункѣ 50. Если опустить вертикальныя линіи, соотвѣтствующія каждому удару, начиная съ удара передней правой ноги, который обозначимъ № 1, то фигура раздѣлится на рядъ клѣтокъ, заключающихъ въ себѣ каждая то упиранія двухъ ногъ одной стороны, то упиранія двухъ ногъ, расположенныхъ по діагонали. Такъ отъ 1 до 2 лошадь будетъ упираться на правую боковую пару; отъ 2 къ 3—

Digitized by Google

на правую діагональную пару (т. е. на пару, въ которой

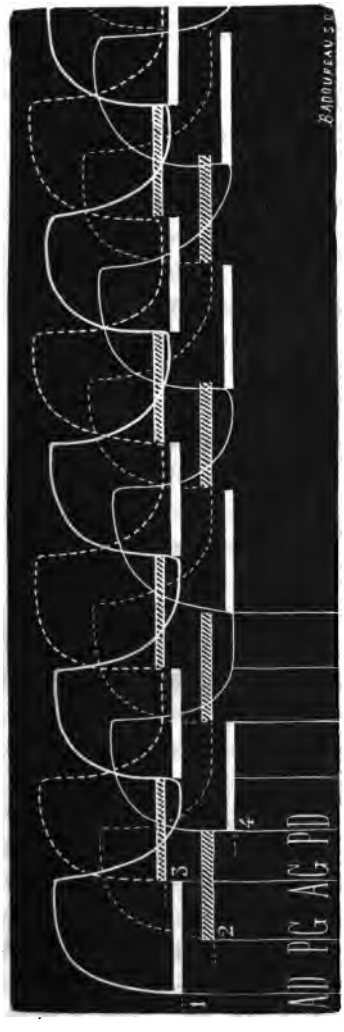


Рис. 50. Чертежъ и нотное обозначеніе шага при равенствѣ боковыхъ и діагональныхъ упираній.

Рис. 51. Нотные знаки шага при преобладаніи боковыхъ упираній.

передняя нога правая); отъ 3 къ 4—на лѣвую боковую

Digitized by Google

пару; отъ 4 къ 5—на лѣвую діагональную пару; наконецъ, отъ 5 къ 6 лошадь будетъ находиться въ томъ же положеніи, въ какомъ была вначалѣ, т. е. будетъ вновь опираться на правую боковую пару.

Этотъ опытъ вполнѣ согласуется съ общепринятой теоріей шага (см. № 5 синоптической таблицы); но нѣкоторыя лошади идутъ нѣсколько инымъ шагомъ. На рис. 51 изображенъ такой шагъ лошади, при которомъ она оставалась дольше на боковыхъ, чѣмъ на діагональныхъ парахъ.

Иногда происходитъ обратное явленіе; при переходѣ, напр., отъ шага къ рыси мы часто наблюдали преобладаніе діагональныхъ упираній.

Для полноты изслѣдованія, нужно бы было производить эти опыты при болѣе благопріятныхъ условіяхъ, чѣмъ тѣ, въ которыхъ мы находились. Нужно располагать большимъ числомъ лошадей, принадлежащихъ къ различнымъ породамъ, нужно изучать ихъ ходъ на кордѣ, подъ верхомъ, и въ упряжи, измѣнять тяжесть, которую они несутъ или тащатъ; производить опыты то на ровномъ грунтѣ, то на покатостяхъ и т. д. Все это можетъ быть осуществлено лишь людьми, спеціально заинтересованными въ такого рода изслѣдованіяхъ и имѣющими средства и возможность производить ихъ.

Наблюдая за упряжными лошадьми, казалось, что при спускахъ, когда животному приходится удерживать тяжесть экипажа, толкающаго его внизъ, оно можетъ упираться за разъ *на трехъ ногахъ*. Такой шагъ Борелли считаетъ нормальнымъ; но мы уже видѣли, напротивъ, что при свободномъ шагѣ лошадь касается земли лишь двумя ногами.

Что касается до *противодѣйствій* при движеніи шагомъ, то они не изображены на рис. 50. Мы вообще

Digitized by Google

замѣтили, что только противодѣйствія переднихъ ногъ обнаруживаются въ сколько-нибудь значительной степени. Судя по способу движенія крестца лошади, можно принять, что дѣйствіе заднихъ ногъ заключается главнымъ образомъ въ подкидываніи тѣла впередъ и чуть-чуть вверхъ. Это вполнѣ согласуется съ общепринятой

Рис. 52. Коллея шага по Венсану и Гуаффону.

теоріей, по которой въ нормальномъ состояніи переднія ноги служатъ лишь для поддерживанія передней части тѣла, тогда какъ заднимъ ногамъ принадлежитъ вся работа перемѣщенія тѣла впередъ и движенія тяжестей. Коллея шага, по Венсану и Гуаффону, похожа на коллею рыси, съ тою только разницею, что промежутки,

Рис. 53. Коллея иноходи по Венсану и Гуаффону; она отличается отъ коллеи шага лишь тѣмъ, что слѣды одной стороны не совпадаютъ между собою. Задняя нога становится впереди передняго слѣда.

раздѣляющіе слѣды одной и той же стороны, здѣсь сравнительно меньше.

Въ обыкновенномъ шагѣ это разстояніе равняется росту лошади, измѣряемому на загривкѣ. Какъ въ рыси, такъ и въ шагѣ слѣды бываютъ двойные; правые правильно чередуются съ лѣвыми. Впрочемъ, этотъ ха-

Digitized by Google

рактеръ слѣдовъ наблюдается лишь при извѣстной скорости аллюра и на ровной поверхности. При поднятіи на гору слѣды заднихъ ногъ обыкновенно отстаютъ отъ переднихъ; напротивъ, при спускѣ съ горы, они нѣсколько опережаютъ ихъ, что дѣлаетъ коллею шага похожей на коллею, получаемую при иноходи.

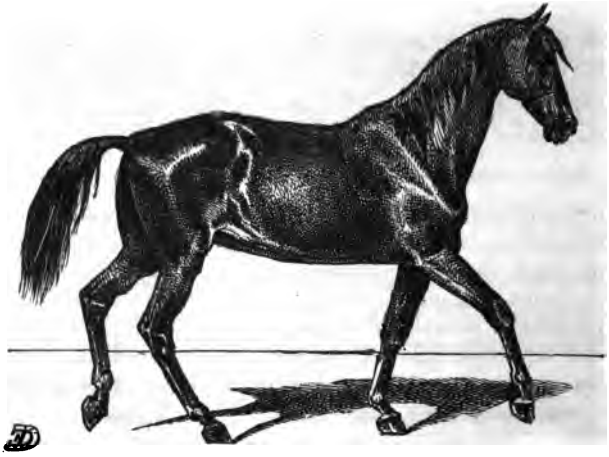


Рис. 54. Изображеніе лошади, идущей шагомъ.

Изображеніе лошади, идущей шагомъ.—Изображеніе лошади, идущей шагомъ, было сдѣлано Дюгуле (рис. 54). Выбранный имъ моментъ отмѣченъ точкою на нотныхъ знакахъ. Мы не станемъ перечислять тѣхъ положеній, которыя обозначаются нотными знаками для каждой ноги животнаго, такъ какъ это было уже сдѣлано разъ при описаніи рыси.

Digitized by Google

ГЛАВА VI.

Опыты надъ аллюрами лошади (продолженіе).

Опыты надъ галопомъ.—Изображеніе галопа. — Противодѣйствія.—Точки поддержки.—Коллея галопа.—Изображеніе лошади на галопѣ и различные моменты этого аллюра.—Перемѣна движенія или переходъ отъ одного аллюра къ другому.—Анализъ аллюровъ посредствомъ нотныхъ знаковъ.—Синтетическое воспроизведеніе различныхъ аллюровъ лошади.

Галопъ.

Этимъ именемъ обозначаютъ нѣсколько различныхъ аллюровъ, общій характеръ которыхъ заключается въ неправильныхъ, но періодически возвращающихся ударахъ. Большинство авторовъ различаютъ три вида галопа, сообразно ритму ударовъ, и называютъ ихъ галопомъ въ *два*, *три* и *четыре темпа*. Наиболѣе обыкновенная форма галопа есть галопъ въ *три темпа*. Имъ то мы займемся прежде всего.

Опыты надъ галопомъ. Рисунокъ 55 изображаетъ галопъ лошади въ три темпа. На первый взглядъ этотъ аллюръ напоминаетъ собою сдѣланное нами изображеніе человѣческаго галопа (рис. 36, стр. 141), а именно

Digitized by Google

тотъ аллюръ, которымъ подражаютъ дѣти, играя въ лошадки. Глядя на эти нотные знаки, изображающіе галопъ лошади, такъ и кажется, что они получены чрезъ соединеніе двухъ чертежей отъ человѣческаго галопа. Дѣло въ томъ, что сравненіе Дюже, о которомъ мы говорили выше, вполнѣ можетъ быть примѣнено даже къ галопу.

Анализъ чертежа. Въ самомъ началѣ рисунка лошадь изображена висящею надъ землею; затѣмъ слѣдуетъ ударъ PG, показывающій, что задняя лѣвая нога коснулась земли. Это—нога, діогонально противоположная той, которую лошадь выставляетъ при галопѣ впередъ и которая завершитъ свой ударъ AD послѣ всѣхъ.

Въ промежуткѣ между этими двумя ударами, почти на половинѣ его, совершается совмѣстный ударъ двухъ ногъ лѣвой діагональной пары. Взаимное положеніе нотныхъ знаковъ AQ и PD ясно указываетъ на этотъ синхронизмъ.

Такимъ образомъ въ этомъ родѣ движеній ухо слышитъ почти въ равные промежутки времени *три звука:* первый, производимый заднею ногою, второй—двумя діагональными ногами, и третій—переднею ногою.

Въ промежутокъ времени между простымъ ударомъ передней ноги, т. е. третьимъ звукомъ, и первымъ ударомъ новаго шага галопа происходитъ пауза, продолжительность которой почти равна продолжительности трехъ ударовъ, взятыхъ вмѣстѣ; затѣмъ серія движеній возобновляется и идетъ до безконечности.

Если мы обратимся къ кривымъ, то увидимъ, что давленіе ноги на землю гораздо энергичнѣе при галопѣ, чѣмъ при остальныхъ аллюрахъ, такъ какъ высота этихъ кривыхъ гораздо больше, чѣмъ при рыси, или при обыкновенномъ шагѣ. Дѣло въ томъ, что животное должно

Digitized by Google

нетолько поддержать тяжесть своего тѣла, но и значи-

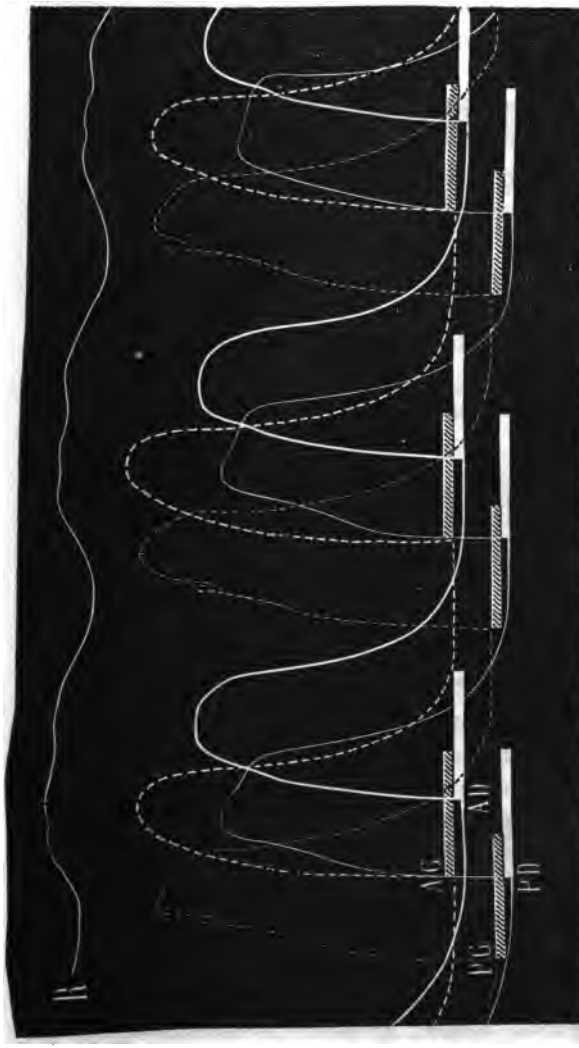


Рис. 55. Кривыя и нотные знаки галопа въ три темпа. R, кривая противодѣйствій на загривкѣ.—Кривыя упираній ногъ своею высотою выражаютъ энергію этихъ упираній на землю.—Лошадь, служившая для опыта, галопировала съ права, какъ это видно изъ нотъ.

тельно подвинуть его. Какъ кажется, наибольшая энер-

Digitized by Google

вають, что движеніе по
должительный покой мы
шеніе ея объема и затѣ
составляющихъ. Жировы
няютъ струйчатое волокн
мышцы, пока, наконецъ,
большемъ количествѣ, со
шечное вещество.

За періодомъ разрушен
слѣдуетъ всасываніе мы
образомъ, по истеченіи н
не остается и слѣдовъ.

Такимъ образомъ, нетол
и уменьшается, смотря по
шается ея функція, но он
эта функція почему нибу
явленіе можно наблюдать
когда уничтожена нервная
вывихахъ, когда оба прикр
настолько, что всякое дв
нымъ; наконецъ, при пере
вижность сустава), которы
срощенія костей, дѣлают
мышцы и препятствуютъ

Но что бываетъ въ то
теряя окончательно своей
ненія лишь въ объемѣ со
добное явленіе происход
полныхъ анкилозахъ или
большей и меньшей сто
мышцамъ, заправляющи
приходится укорачиватьс
лишь на нѣкоторую чаш

Digitized by Google

за послѣдовательностью ударовъ, а въ В за тѣмъ порядкомъ, съ какимъ упираются ноги.

Чтобы узнать каковъ характеръ противодѣйствій, которыя происходятъ на загривкѣ, достаточно взглянуть на рис. 55, гдѣ они изображены линіею R. Эта линія представляетъ волнообразное подыманіе, продолжающееся

Рис. 59. Лошадь на первомъ темпѣ галопа съ права. Она упирается исключительно на заднюю лѣвую ногу. Бѣлая точка на нотныхъ знакахъ соотвѣтствуетъ тому моменту, когда было снято изображеніе лошади.

все время, пока животное касается земли. На ней видно кромѣ того вліяніе трехъ ударовъ, которые сообщаютъ ей тройную волнистость. Минимумъ возвышенія кривой соотвѣтствуетъ, какъ и при рыси, тому моменту,

Digitized by Google

когда ноги не касаются земли. Слѣдовательно, и въ галопѣ моментъ висѣнія тѣла не есть результатъ подбрасыванія его въ воздухъ. Наконецъ, сравнивая противодѣйствія галопа съ противодѣйствіями рыси (рис. 45), мы видимъ, что при галопѣ опусканія и подниманія не имѣютъ того характера стремительности, какъ при рыси. Поэтому эти *противодѣйствія* не такъ ощутитель-

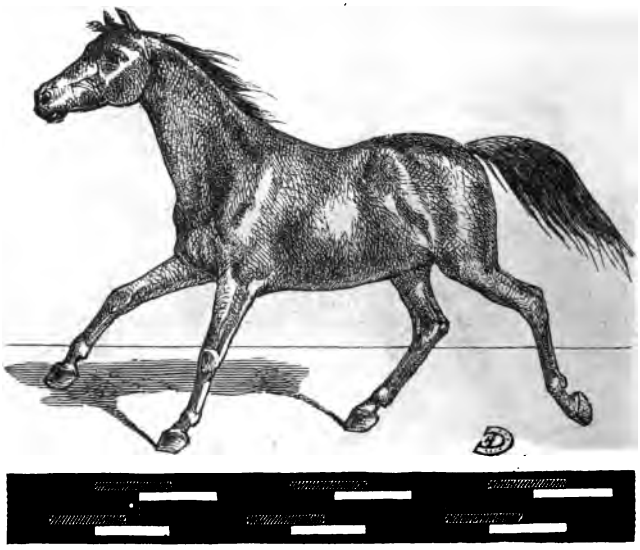


Рис. 60. Лошадь на второмъ темпѣ галопа съ права.

ны для наѣздника, хотя съ абсолютной точки зрѣнія они, можетъ быть, имѣютъ гораздо большую амплитуду.

Коллея галопа въ три темпа. Вотъ какъ изображаетъ эту коллею Кюрнье.

Коллея галопа измѣняется сообразно его скорости. При медленномъ галопѣ, употребляемомъ въ манежѣ, заднія ноги оставляютъ свои слѣды позади переднихъ. Напротивъ, при быстромъ галопѣ они опережаютъ ихъ. Та же

Digitized by Google

лошадь, которая галопируетъ въ манежѣ едва двигаясь, съ мѣста, на скачкахъ покрыла бы собою огромное пространство. Такъ, знаменитый „Эклитъ“, по словамъ Кюрнье, покрывалъ 22 англійскихъ фута. Вотъ изображеніе той коллеи, которую онъ оставлялъ на землѣ.

Изображеніе галопирующей лошади. Для этой цѣли мы представимъ три различныя положенія, соотвѣтствующія каждому изъ трехъ темповъ галопа.

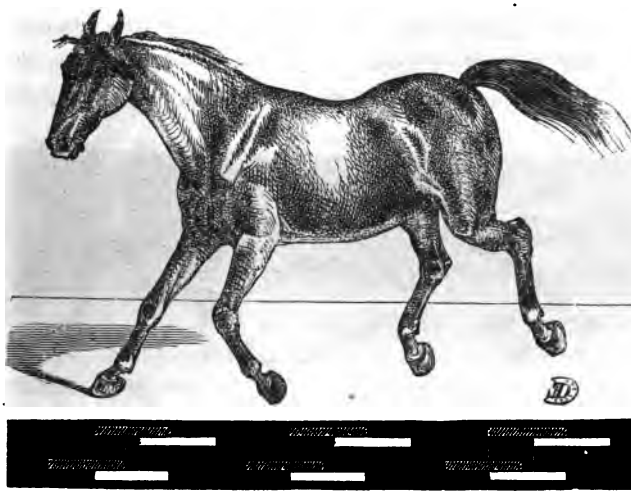


Рис. 61. Лошадь на третьемъ темпѣ галопа съ права.

На первомъ темпѣ (фиг. 59) упиранье производится исключительно на заднюю ногу.

На второмъ темпѣ (рис. 60) ударъ производится лѣвой діагональной парой. Передняя правая ставится на землю, задняя лѣвая начинаетъ приподниматься.

Для третьяго темпа галопа, изображенія котораго сдѣланы какъ и всѣ остальные, Дюгуссе, на основаніи нотныхъ знаковъ, выбралъ тотъ моментъ, когда только пра-

Digitized by Google

вая нога упирается на землю и начинаетъ въ свою очередь приподниматься.

Фигура, изображенная на этомъ рисункѣ, кажется чрезвычайно странной. Глазъ не привыкъ видѣть этотъ темпъ галопа, безъ сомнѣнія очень непродолжительный. Смотря на эту некрасивую фигуру, такъ и хочется сказать вмѣстѣ съ Кюрнье: „что живопись должна дать только то, что видятъ, а не то, что дѣйствительно происходитъ“.

Галопъ въ *четыре темпа* отличается отъ только-что описаннаго лишь тѣмъ, что удары діагональныхъ ногъ, образующихъ второй темпъ разъединяются и произво-

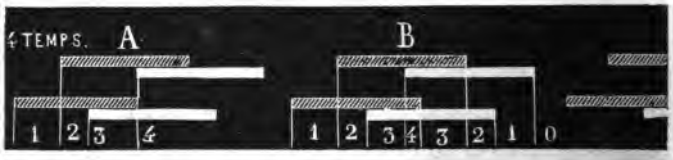


Рис. 62. Изображеніе нотами галопа въ четыре темпа. А, изображеніе каждаго изъ послѣдовательныхъ темповъ. В, опредѣленіе силы ногъ, поддерживающихъ тѣло въ каждое мгновеніе.

дятъ различные звуки, какъ видно изъ фугуры 62. Изъ этихъ нотныхъ знаковъ видно, что тѣло, находящееся сначала на лету, опирается послѣдовательно на одну ногу, на три, на двѣ, на три и на одну, послѣ чего слѣдуетъ новое отдѣленіе ея отъ земли и т. д.

Галопъ вскачь. Этотъ аллюръ по своей страшной быстротѣ не можетъ быть изучаемъ съ помощью аппаратовъ, употребленныхъ нами до сихъ поръ, и потому пришлось устроить совершенно особый пишущій приборъ и новые испытующіе аппараты.

Чтобы дать полную свободу рукамъ всадника, мы помѣстили пишущій аппаратъ въ плоской коробкѣ, кото-

Digitized by Google

рая привязывалась посредствомъ ремней къ спинѣ наѣздника, наподобіе солдатскаго ранца. Мы не станемъ подробно описывать этотъ аппаратъ, состоящій изъ пяти рычаговъ, чертящихъ на закоптѣломъ стеклѣ кривыя, получаемыя отъ дѣйствія четырехъ ногъ и противодѣйствія загривка. Сила ударовъ при этомъ аллюрѣ такъ велика, что прежніе испытующіе снаряды сразу сломались бы, поэтому мы замѣнили ихъ другими, состоящими изъ мѣдной трубки, въ которой движется свинцовый поршень, подвѣшенный между двумя проволочными пружинами. Толчки, сообщаемые поршню, производятъ при каждомъ ударѣ дѣйствіе, похожее на дѣйствіе воздуш-

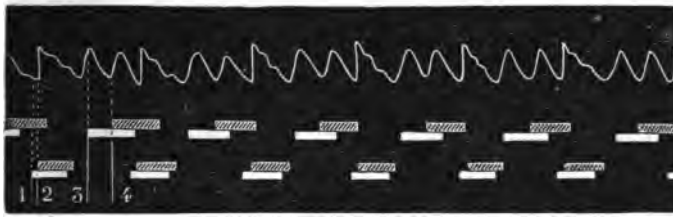


Рис. 63.—Нотное изображеніе галопа вскачь; противодѣйствія этого аллюра.

наго насоса, который и передается пишущему аппарату.

Каучуковый шарикъ, который можно въ случаѣ надобности сжимать зубами, приводитъ пишущій аппаратъ въ дѣйствіе и даетъ возможность получать чертежъ въ любую минуту.

Благодаря обязательности Деламара, отдавшаго въ наше распоряженіе свои конюшни въ Шантильи, мы могли составить чертежи, изображающіе аллюръ лошади вскачь. Вотъ изображеніе его въ нотныхъ знакахъ.

Изъ рисунка видно, что этотъ аллюръ въ дѣйствитель-

Digitized by Google

ности есть ничто иное, какъ галопъ *въ четыре темпа*. Только удары заднихъ ногъ слѣдуютъ одинъ за другимъ въ такіе короткіе промежутки времени, что ухо различаетъ лишь одинъ звукъ; напротивъ, удары переднихъ ногъ болѣе разъединены и ихъ можно слышать каждый отдѣльно. Другая отличительная черта описываемаго нами галопа заключается въ болѣе длинной паузѣ, имѣющей мѣсто впродолженіе упиранія заднихъ ногъ. Время нахожденія тѣла на воздухѣ, какъ кажется, чрезвычайно непродолжительно.

Чтобы сдѣлать эти опыты возможно болѣе полными, необходимо было бы произвесть ихъ надъ большимъ числомъ лошадей и изслѣдовать, не существуетъ ли какого нибудь отношенія между ритмомъ ударовъ и другими отличительными чертами галопа вскачь. Мы предоставляемъ рѣшеніе этой задачи людямъ, спеціально занимающимся изученіемъ лошадей.

Прибавимъ въ заключеніе, что сопротивленія въ описываемомъ галопѣ воспроизводятъ довольно точно ритмъ ударовъ. Такъ, мы замѣчаемъ, что къ моменту почти одновременнаго упиранія обѣихъ заднихъ ногъ возникаетъ продолжительное и колеблющееся противодѣйствіе, за которымъ слѣдуютъ два другихъ менѣе рѣзкихъ, соотвѣтствующихъ отдѣльнымъ ударамъ переднихъ ногъ.

Линія, помѣщенная вверху рисунка 63, изображаетъ противодѣйствіе загривка. Эта кривая, расположенная надъ нотными знаками, даетъ возможность на основаніи положеній ея составныхъ элементовъ указать, какому удару ногъ соотвѣтствуетъ каждое противодѣйствіе.

О переходахъ аллюра отъ однаго къ другому.

Для простаго наблюдателя нѣтъ ничего труднѣе, какъ опредѣлить, какимъ образомъ происходитъ переходъ отъ

Digitized by Google

одного аллюра къ другому. Но зато графическій методъ даетъ весьма удобное средство слѣдить за этими переходами, и это быть можетъ одна не изъ послѣднихъ выгодъ примѣненія графическаго метода къ изученію аллюровъ лошади.

Чтобы ясно представить себѣ, что совершается при этихъ переходахъ, необходимо снова обратиться къ сравненію Дюже и вообразить себѣ двухъ человѣкъ, слѣдующихъ другъ за другомъ шагомъ, рысью или галопомъ. При постоянныхъ аллюрахъ, оба субъекта сохраняютъ въ своихъ движеніяхъ одинъ и тотъ же ритмъ, тогда какъ при переходахъ человѣкъ, идущій сзади или спереди, смотря по обстоятельствамъ, то замедляетъ, то ускоряетъ свои движенія и тѣмъ измѣняетъ ритмъ ударовъ. Нѣсколько примѣровъ еще болѣе выяснятъ сказанное.

Главные виды переходовъ изображены на 181 стр.

Рис. 64 представляетъ нотное изображеніе *перехода отъ шага къ рыси.*

Отличительная черта этого перехода, независимо отъ увеличенія скорости движеній, состоитъ въ томъ, что удары заднихъ ногъ выигрываютъ въ быстротѣ относительно ударовъ переднихъ ногъ, такъ что, напр., ударъ задней лѣвой PG, происходившій при шагѣ почти на половинѣ упиранія передней правой AD, постепенно начинаетъ совпадать съ началомъ упиранія AD и даже съ самымъ ударомъ, когда шагъ окончательно переходитъ въ рысь.

На рис. 65 представленъ *переходъ рыси въ шагъ;* тутъ мы видимъ обратное явленіе, а именно, что діагональные удары, первоначально одновременные, начинаютъ все болѣе и болѣе расчленяться. Пунктированная линія, соединяющая діагональные удары лѣвой пары, будучи верти-

Digitized by Google

*

кельна въ той части рисунка, которая соотвѣтствуетъ рыси, начинаетъ мало по малу наклоняться, указывая этимъ исчезновеніе синхронизма. То направленіе, въ которомъ наклоняется эта линія, показываетъ, что при переходѣ отъ рыси къ шагу замедленіе производится заднею частью тѣла.

Переходъ отъ рыси къ галопу въ высшей степени любопытенъ. Изъ рис. 66, гдѣ изображенъ этотъ переходъ, можно замѣтить, что эта рысь уже съ самаго начала неправильна, что пунктированная линія, соединяющая удары лѣвой діагонали AG и PD, уже слегка наклонена, обнаруживая этимъ легкое замедленіе въ движеніи задней ноги. Наклоненіе этой линіи увеличивается все болѣе и болѣе, однако только для лѣвой діагонали; правая же діагональ AD и Pg остается соединенной, даже послѣ того, какъ рысь окончательно перешла въ галопъ. Переходъ отъ рыси къ галопу совершается нетолько вслѣдствіе замедленія задней ноги, но и забѣганія впередъ передней, такъ что два изъ діагональныхъ ударовъ, которые были одновременными при рыси, отдѣляются теперь одинъ отъ другаго весьма значительнымъ промежуткомъ, который составляетъ такъ-называемую большую паузу *обыкновеннаго галопа*. Совершенно обратное происходитъ при переходѣ галопа въ рысь, какъ это видно на рисункѣ 67.

Переходъ галопа въ четыре темпа въ галопъ въ три темпа совершается путемъ возрастающаго забѣганія впередъ ударовъ задней ноги.

Синтетическое изученіе разныхъ аллюровъ лошади.

Аналитическій методъ, къ которому мы прибѣгали до сихъ поръ для описанія аллюровъ лошади, оставилъ,

Digitized by Google

Рис. 64.

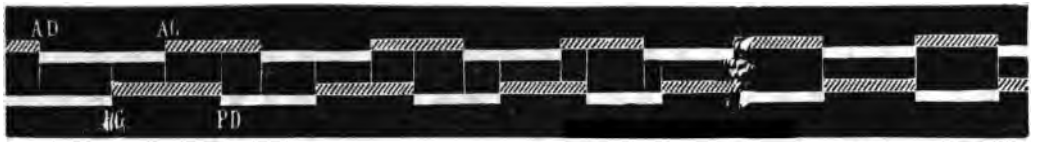


Рис. 65

Рис. 66.

Рис. 67.

Рис. 64.—Переходъ отъ шага къ рыси. Рис. 65.—Переходъ отъ рыси къ шагу. Рис. 66. — Переходъ рыси въ галопъ. Рис. 67.—Переходъ галопа въ рысь.

Digitized by Google

можетъ быть неразъясненнымъ нѣкоторыя темныя стороны въ этомъ столь сложномъ вопросѣ. Мы надѣемся выяснить ихъ помощью синтетическаго метода.

Начертивши въ началѣ этого изслѣдованія синоптическую таблицу различныхъ аллюровъ, мы расположили ихъ нотные знаки въ естественный рядъ, первымъ членомъ котораго была иноходь и въ которомъ различіе между однимъ аллюромъ и другимъ, ближайшимъ къ нему, опредѣлялось забѣганіемъ впередъ заднихъ ногъ. Этотъ способъ перехода дѣйствительно существуетъ у всѣхъ животныхъ. Такъ напр., одногорбый верблюдъ, нормальный аллюръ котораго есть неправильная иноходь, [1]) даетъ намъ весь рядъ нотныхъ знаковъ, которые въ нашей синоптической таблицѣ помѣщены между № 2 и № 8. Когда мы понуждали животное идти рысью, оно сначала еще сильнѣе нарушало свою иноходь, потомъ переходило въ шагъ, затѣмъ въ перерывистую рысь и, наконецъ, въ свободную рысь. Мы видѣмъ, что тѣ же переходы и въ томъ же порядкѣ совершаетъ и лошадь, когда она переходитъ отъ шага къ рыси.

Когда лошадь замедляетъ свое движеніе, то перемѣна аллюровъ совершается въ обратномъ порядкѣ, справа на лѣво.

Забѣганіе, болѣе или менѣе сильное, заднихъ ногъ впередъ изображено на таблицѣ передвиженіемъ нотныхъ знаковъ въ лѣвую сторону рисунка. Это фиктивное передвиженіе можетъ обратиться въ дѣйствительное при посредствѣ небольшаго аппарата, съ помощью котораго

---

[1]) Благодаря обязательности Жоффруа Сентъ-Илера, директора Jordin d'acclimatation, мы могли изучить аллюры различныхъ четвероногихъ и особенно аллюры большого одногорбаго верблюда, находящагося въ этомъ саду.

Digitized by Google

можно легко понять и объяснять происхожденіе и образованіе различныхъ аллюровъ.

Онъ состоитъ изъ небольшой линейки, напоминающей собою масштабъ. На ней находятся нотные знаки четырехъ ногъ, помѣщенные на четырехъ маленькихъ планочкахъ, которыя могутъ скользить одна по другой и группироваться различнымъ образомъ. Рис. 68 и 69 представляютъ собою устройство этого небольшаго аппарата.

Вообразите себѣ деревянную черную дощечку съ четырьмя узкими жолобками, въ которыхъ движутся пла-

Рис. 68.—Нотная линейка, служащая для изображенія различныхъ аллюровъ.

ночки, въ перемежку выкрашенныя въ бѣлый и черный, или въ сѣрый и черный цвѣта, и такимъ образомъ воспроизводящіе нотные знаки иноходи, какъ они изображены на № 1 таблицы.

Если мы одновременно подвинемъ влѣво обѣ нижнія планочки (на рис. 68), то получимъ, сообразно величинѣ перемѣщенія, одинъ или другой нумеръ таблицы, изображающей правильные аллюры. Рядъ цыфръ 1, 2, 3, 4 и т. д., подъ которыя подводятъ ударъ задней лѣвой ноги, даетъ возможность составить почти безошибочно нотное изображеніе любаго аллюра.

Digitized by Google

Чтобы получить нотные знаки галопа, нужно перевести планочки, соотвѣтствующія переднимъ ногамъ, такимъ образомъ, чтобы онѣ сидѣли верхомъ одна на другой, какъ это изображено на рис. 69.

Въ этомъ заключается удобство нотной линейки.

Разъ мы убѣдились, что извѣстный аллюръ принадлежитъ къ числу правильныхъ, достаточно изслѣдовать напр. удары обѣихъ правыхъ ногъ, чтобы составить всю нотную систему этого аллюра. Дѣйствительно, смотря потому, совершается ли ударъ задней ноги одновремен-

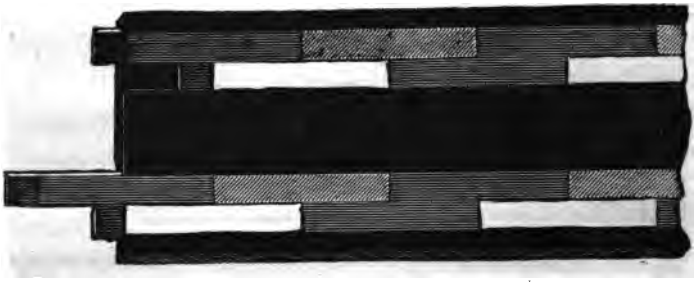


Рис. 69.—Нотная линейка для составленія галопа въ три темпа.

но съ ударомъ передней, или предшествуетъ ему на одну четверть, на половину, на три четверти или на цѣлую продолжительность упиранія, мы должны сообщить двумъ нижнимъ планочкамъ то положеніе, которое онѣ должны занять, и отсюда само собою получится нотная система. Она укажетъ намъ и ритмъ ударовъ, и боковыя и діагональныя упиранія и т. д. Подобное же построеніе получится и для галопа.

Художникъ, желающій изобразить лошадь въ извѣстный моментъ какого-либо аллюра, легко можетъ опредѣлить положеніе, соотвѣтствующее этому моменту. Онъ прежде всего устанавливаетъ на ленейкѣ ноты этого

Digitized by Google

аллюра и затѣмъ проводитъ вертикальную линію изъ какой-нибудь точки, взятой на протяженіи, соотвѣтствующемъ цѣлому шагу аллюра. Эта линія будетъ выражать собою извѣстный моментъ шага. А такъ какъ на протяженіи одного шага можно провести безконечное число вертикальныхъ линій, то отсюда слѣдуетъ, что для изображенія какого нибудь аллюра художникъ можетъ выбирать въ продоженіи одного шага безконечное множество положеній.

Предположимъ, что онъ остановилъ свой выборъ на *шагѣ* (рис. 68) и что въ этомъ аллюрѣ онъ желаетъ изобразить то мгновеніе, которое обозначено вертикальною линіею 7. И вотъ нотные знаки скажутъ ему, что въ этотъ моментъ передняя правая нога только что начинаетъ устанавливаться на землю, что передняя лѣвая находится, слѣдовательно при началѣ своего поднятія, что задняя правая оканчиваетъ свое упираніе, задняя лѣвая свое поднятіе.

Для точнаго изображенія животнаго достаточно знать положеніе каждой задней или передней ноги въ различные моменты ихъ опусканія и упиранія, что относительно легко. Но зато артистъ, руководясь подобнымъ методомъ, навѣрное избѣгнетъ тѣхъ ложныхъ положеній, которыя такъ часто дѣлаютъ лошадей, имъ изображаемыхъ, положительно невѣроятными.

Схематическія фигуры аллюровъ лошади.

Матіасъ Дюваль составилъ цѣлую серію картинъ, которыя, будучи разсматриваемы въ фенакистикопъ, представляютъ намъ лошадь во время движенія ея и въ различныхъ аллюрахъ. Замѣчательный физіологъ возъимѣлъ мысль воспроизвести, такъ сказать, въ воодушевленной

Digitized by Google

формѣ то, что нотные знаки различныхъ аллюровъ даютъ относительно ритма. Для этого онъ употребилъ слѣдующій пріемъ. Сначала онъ нарисовалъ цѣлый рядъ фигуръ, изображающихъ лошадь въ различные моменты шага и иноходи. Шестнадцать послѣдовательныхъ изображеній дали возможность представить цѣлый рядъ положеній, которыя каждая нога принимаетъ послѣдовательно во время одного шага иноходи. Бумажная лента, на которой изображены эти фигуры, будучи помѣщена въ аппаратъ, производитъ впечатлѣніе лошади, идущей иноходью.

Но мы уже сказали, что всѣ аллюры хода могутъ быть разсматриваемы какъ производные отъ иноходи, съ большимъ или меньшимъ забѣганіемъ заднихъ ногъ впередъ. Это забѣганіе впередъ Дюваль осуществилъ на своихъ картинахъ слѣдующимъ образомъ. Каждая полоска, на которой нарисованы фигуры лошади при иноходи, состоитъ изъ двухъ наложенныхъ другъ на друга листковъ. На верхнемъ листкѣ вырѣзаны отверстія такимъ образомъ, что каждая лошадь изображена на половину на верхнемъ и на половину на нижнемъ листкѣ. Такъ что, напр., если задняя нога нарисована на верхнемъ листкѣ, то передняя будетъ на нижнемъ, и ее можно видѣть черезъ вырѣзанное на верхнемъ листкѣ отверстіе. Предположимъ, что мы передвинули верхній листокъ на разстояніе, раздѣляющее два послѣдовательныхъ изображенія лошади; мы получимъ тогда рядъ картинъ, въ которыхъ передняя нога будетъ отставать на нѣкоторое время отъ задней. Такимъ образомъ здѣсь въ формѣ картинъ производится тоже, что мы получали въ формѣ нотныхъ знаковъ, передвигая на одинъ градусъ двѣ нижнія линеечки нотной линейки. А такъ какъ это перемѣщеніе на одинъ градусъ для каждаго изъ движе-

Digitized by Google

ній задней ноги даетъ нотное изображеніе перерывистой иноходи, то изъ нарисованныхъ фигуръ получимъ рядъ послѣдовательныхъ положеній, принимаемыхъ лошадью при той же нарушенной иноходи. Если передвиженіе будетъ сдѣлано на большее число градусовъ, то получится рядъ положеній лошади при движеніи шагомъ. Произведите передвиженіе на еще большее число градусовъ, и вы получите рядъ положеній при рыси.

Во всѣхъ этихъ случаяхъ фигуры, помѣщенныя въ аппаратѣ, производятъ полную иллюзію, и мы какъ бы видимъ лошадь идущею то иноходью, то шагомъ, то рысью. Наконецъ, соразмѣряя, какъ слѣдуетъ, скорость вращенія аппарата, можно получить то болѣе, то менѣе быстрыя движенія со стороны животнаго, что́ даетъ возможность малоопытному наблюдателю слѣдить за каждой серіею положеній ногъ при каждомъ аллюрѣ, и научитъ его слѣдить и на живой лошади за тѣми послѣдовательными движеніями, которыя съ перваго взгляда кажутся столь запутанными.

Надо надѣяться, что эти еще далеко несовершенныя картинки будутъ улучшены современемъ и сдѣлаются дѣйствительно полезными для всѣхъ, кто занимается художественнымъ изображеніемъ лошади.

Окончивъ изслѣдованіе передвиженія на землѣ, намъ слѣдовало бы перейти теперь къ изложенію механизма передвиженій въ водѣ. Новые опыты Чіотти во многихъ отношеніяхъ объяснили двигательную функцію хвоста рыбъ, и хотя они не опровергли теоріи механизма плаванія, принятой со временъ Борелли, но зато поставили этотъ вопросъ на новый путь—синтетическаго изображенія относящихся къ нему явленій. Этотъ методъ позволитъ, безъ сомнѣнія, опредѣлить съ неизвѣстною еще доселѣ точностью какъ двигательную, такъ и сопротивляющуюся

Digitized by Google

силу при передвиженіи въ водѣ. Мы считаемъ полезнымъ выждать результаты опытовъ, производимыхъ теперь, опытовъ, которыми воспользуются въ одинаковой степени и физіологи, и механики.

Digitized by Google

КНИГА ТРЕТЬЯ.

ПЕРЕДВИЖЕНІЕ ПО ВОЗДУХУ.

ГЛАВА I.

Полетъ насѣкомыхъ.

Частота взмаховъ крыла у насѣкомыхъ при полетѣ; аккустическое опредѣленіе; графическое опредѣленіе. — Вліянія, видоизмѣняющія частоту взмаховъ. — Синхронизмъ движеній обоихъ крыльевъ. — Оптическое опредѣленіе движеній крыла; его траекторія; измѣненіе плоскости. — Направленіе движеній крыла.

Изучая передвиженіе по землѣ, мы имѣли возможность опредѣлять опытнымъ путемъ давленіе, производимое ногами на почву; сила этого давленія выводилась изъ реакцій, сообщаемыхъ тѣлу животнаго. Оба акта были одинаково открыты прямому опыту. Совершенно иными являются условія въ задачѣ, которая предстоитъ намъ теперь. Воздухъ представляетъ правда точку опоры для ударяющихъ по немъ крыльевъ, но эта точка опоры, постоянно ускользаетъ; мало того, воздухъ способенъ сопротивляться удару крыльевъ только въ силу скорости своего перемѣщенія. Поэтому при изученіи полета намъ

Digitized by Google

будетъ необходимо познакомиться съ движеніями крыла во всѣхъ фазахъ его скорости, чтобы имѣть возможность опредѣлить сопротивленіе, которое воздухъ представляетъ этому органу. Вопросы, подлежащіе рѣшенію, будутъ расположены въ слѣдующемъ порядкѣ.

1) Какова частота взмаховъ крыла у насѣкомыхъ?

2) Каковы послѣдовательныя положенія, принимаемыя крыломъ при полномъ его оборотѣ?

3) Какъ развивается двигательная сила, поддерживающая и переносящая тѣло животнаго?

I. *Частота взмаховъ крыла у насѣкомыхъ.* Частота взмаховъ видоизмѣняется значительно у различныхъ видовъ насѣкомыхъ. Ухо слышитъ высокія ноты при полетѣ москитовъ и нѣкоторыхъ мухъ; звуки ниже—когда летитъ пчела или шмель; еще ниже—при полетѣ хоботниковъ или бражниковъ. Что касается другихъ чешуекрылыхъ, то ихъ полетъ вообще беззвученъ, вслѣдствіе малой частоты взмаховъ.

Нѣкоторые натуралисты пробовали опредѣлять частоту взмаховъ крыла по высотѣ звука, производимаго летящимъ насѣкомымъ. Но такое опредѣленіе можетъ имѣть надлежащую силу въ томъ только случаѣ, когда будетъ рѣшено окончательно, что звукъ, издаваемый при полетѣ, зависитъ исключительно отъ частоты взмаховъ крыла, какъ звукъ камертона зависитъ отъ частоты его движеній. Между тѣмъ мнѣнія на этотъ счетъ расходятся и нѣкоторые авторы думаютъ, что при полетѣ происходитъ движеніе воздуха сквозь воздухоносные устья насѣкомаго и что производимый звукъ зависитъ отъ этихъ попеременныхъ движеній.

Не раздѣляя этого мнѣнія которому, на нашъ взглядъ противорѣчатъ многіе факты, мы полагаемъ однако, что аккустическій методъ недостаточенъ для рѣшенія вопроса

Digitized by Google

о частотѣ взмаховъ крыла. Главное возраженіе противъ него заключается въ томъ обстоятельствѣ, что высота звука, производимаго летящимъ насѣкомымъ, измѣняется и отъ другихъ условій, неимѣющихъ ничего общаго съ частотой взмаховъ.

Когда мы наблюдаемъ за жужжаніемъ насѣкомаго, летящаго съ равномѣрной быстротой, мы можемъ легко замѣтить, что высота тона не остается постоянно одинаковою. Если насѣкомое приближается къ нашему уху тонъ подымается, и наоборотъ падаетъ по мѣрѣ его удаленія. Нѣчто сходное происходитъ, когда мы быстро проводимъ передъ ухомъ дрожащій камертонъ; звукъ повышается, затѣмъ становится ниже и разница можетъ доходить до четверти тона и даже полутона. Необходимо слѣдовательно, чтобы насѣкомое, надъ которымъ производятъ опыты, находилось постоянно на одномъ и томъ же разстояніи отъ наблюдателя. Явленіе это само по себѣ не представляетъ никакихъ трудностей для пониманія и объяснено вполнѣ нѣмецкимъ акустикомъ Писко. Не подлежитъ сомнѣнію, что колебанія повторяются постоянно въ равные промежутки времени; когда дрожащая пластинка остается на неизмѣнномъ разстояніи отъ уха, то колебаніямъ нужно одинаковое время для того, чтобы дойти до насъ, и явленіе, однообразное для инструмента, однообразно также и для нашего слуха. Наоборотъ, когда инструментъ быстро приближается, то колебанію, происходящему въ данное мгновеніе, предстоитъ пробѣжать меньшее разстояніе до нашей барабанной перепонки; оно стало быть ближе къ предъидущему колебанію и звукъ пріобрѣтаетъ большую высоту. Если же инструментъ удаляется, то разстояніе между колебаніями увеличивается и тонъ становится ниже. Всякій могъ замѣтить, путешествуя по желѣзной дорогѣ, что

Digitized by Google

когда встрѣчный локомотивъ проходитъ со свистомъ, рѣзкость звука усиливается пока приближается машина, когда же встрѣча совершилась и свистокъ быстро удаляется, тонъ бываетъ гораздо ниже.

Вообще весьма трудно опредѣлить по высотѣ звука, издаваемаго летящимъ насѣкомымъ, абсолютную частоту взмаховъ его крыльевъ. Съ одной стороны это зависитъ отъ непостоянства въ высотѣ производимаго тона, который, смотря по быстротѣ или направленію полета, ежеминутно поднимается и падаетъ. Кромѣ того трудно опредѣлить степень участія каждаго изъ крыльевъ въ образованіи звука. Наконецъ можно спросить, не претерпѣваетъ ли крыло на своемъ пути вслѣдствіе тренія о воздушную среду, въ которой оно движется, гораздо большаго числа звучныхъ колебаній, чѣмъ сколько соотвѣтствуетъ каждому изъ его полныхъ оборотовъ.

Графическій методъ даетъ простое и точное рѣшеніе занимающаго насъ вопроса, онъ позволяетъ опредѣлить, за исключеніемъ одного взмаха, число движеній, совершаемыхъ крыломъ насѣкомаго въ одну секунду времени.

Опытъ. На цилиндръ накладываютъ листъ бумаги, закопченной на свѣчкѣ. Цилиндръ этотъ вертится на своей оси съ равномѣрной быстротой одного оборота въ полторы секунды.

Затѣмъ берутъ тонкимъ пинцетомъ насѣкомое, движенія котораго желаютъ изучить со стороны частоты, и держатъ его за нижнюю часть брюшка такъ, чтобы одно изъ крыльевъ, при каждомъ взмахѣ, слегка касалось закопченной бумаги. Каждое прикосновеніе стираетъ сажу, покрывавшую бумагу, и такъ какъ цилиндръ вертится, то крыло насѣкомаго встрѣчаетъ постоянно свѣжія точки. Этимъ путемъ получается совершенно правильный чертежъ, если держать насѣкомое неподвижно. Фигуры, обра-

Digitized by Google

щики которыхъ мы приводимъ, бываютъ различны, смотря по болѣе или менѣе полному соприкосновенію крыла съ бумагой. Если соприкосновеніе очень слабо то получается рядъ точекъ или короткихъ насѣчекъ, какъ на фиг. 70.

Зная, что цилиндръ дѣлаетъ одинъ оборотъ въ полторы секунды, легко найдти сколько движеній крыла занесено такимъ образомъ на всей поверхности цилиндра. Но еще удобнѣе и вѣрнѣе пользоваться камертономъ—хронографомъ и рядомъ съ фигурой начерченной насѣ-

Фиг. 70—показывающая частоту взмаховъ крыла у шмеля (три верхнія линіи) и у пчелы (нижняя точечная линія).—Четвертая линія образована дрожаніями камертона, снабженнаго остріемъ, который дѣлаетъ 250 двойныхъ колебаній въ секунду.

комымъ, записывать дрожанія острія, которое придѣлано къ этому камертону.

Фиг. 70 показываетъ возлѣ чертежа, произведеннаго крыломъ шмеля, графическое изображеніе дрожаній камертона, который производитъ 250 двойныхъ колебаній въ секунду. Камертонъ, который служитъ для опредѣленія временъ, соотвѣтствующихъ какой либо длинѣ графическаго чертежа, показываетъ, что крыло шмеля совершало 240—260 полныхъ оборотовъ въ секунду.

Вліянія, видоизмѣняющія частоту движеній крыла. На основаніи того, что уже извѣстно о вліяніи препят-

Digitized by Google

ствій на быстроту движеній, производимыхъ животными, слѣдовало бы ожидать, что крыло, которое трется о цилиндръ, не имѣетъ нормальной быстроты движеній, и что его обороты тѣмъ малочисленнѣе, чѣмъ сильнѣе треніе. Опытъ подверждаетъ это предположеніе. Насѣкомое, дѣлающее летательныя движенія при довольно сильномъ треніи о бумагу, дало 240 движеній въ секунду; уменьшая постепенно соприкосновеніе крыла съ цилиндромъ получаются все большія и большія цифры: 282, 305 и 321. Послѣдняя цифра должна приблизительно выражать быстроту крыла, двигающагося свободно, потому что графическая фигура состояла изъ ряда едва замѣтныхъ точекъ. Наоборотъ, давая крылу сильнѣе тереть, наблюдали, что частота движеній падаетъ до 240 и ниже.

Вторая причина измѣнчивости въ частотѣ движеній крыла насѣкомыхъ заключается въ *величинѣ размаха* этихъ движеній. Необходимо сопоставить эту причину съ предъидущею; ибо естественно предположить, что обширныя движенія встрѣчаютъ въ сопротивленіи воздуха больше препятствій чѣмъ малыя.

Держа муху или шмеля между кончиками пинцета, можно видѣть, что животное совершаетъ порою усиленныя летательныя движенія: при этомъ слышится низкій тонъ. Иногда же крыло только слегка дрожитъ, издавая весьма высокій звукъ. То, что открываетъ ухо относительно различія въ частотѣ взмаховъ у насѣкомаго, при совершенной свободѣ движеній, вполнѣ подтверждается нашими опытами съ графическими чертежами. Пользуясь періодами усиленныхъ взмаховъ или легкихъ дрожаній крыльевъ, заносятъ на цилиндрѣ эти два рода движеній и находятъ, что частота измѣняется въ весьма обширныхъ предѣлахъ, приблизительно въ отношеніи 1:3. Мень-

Digitized by Google

шая частота соотвѣтствуетъ болѣе размашистымъ движеніямъ.

Различные виды насѣкомыхъ, надъ которыми производились опыты, тоже представляли значительныя уклоненія въ частотѣ движеній крыльевъ. Мы по возможности старались сравнивать насѣкомыхъ между собою при сходныхъ условіяхъ, т. е. при усиленныхъ взмахахъ и слабомъ соприкосновеніи крыльевъ съ цилиндромъ. Вотъ полученныя цифры, которыя показываютъ число взмаховъ крыла въ каждую секунду времени у различныхъ насѣкомыхъ.

Обыкновенная муха. . .	330
Шмель	240
Пчела	190
Оса	110
Хоботникъ.	72
Стрекоза	28
Бабочка (капустница) . .	9

Синхронизмъ движеній обоихъ крыльевъ. Если держать насѣкомое надлежащимъ образомъ, то можно заставить оба крыла за разъ касаться цилиндра. При этомъ оказывается, на основаніи графическаго чертежа, что оба крыла двигаются одновременно и что оба совершаютъ одинаковое число движеній.

Впрочемъ легко убѣдиться въ существованіи нѣкоторой необходимой солидарности между движеніями обоихъ крыльевъ. На только что убитомъ насѣкомомъ можно видѣть, двигая однимъ крыломъ, что другое слѣдуетъ до нѣкоторой степени за движеніями, сообщенными его парѣ; если оттягивать одно изъ крыльевъ отъ тѣла насѣкомаго то и другое крыло оттягивается; если поднимать его, то и другое поднимается. Опыты эти хорошо удаются на осѣ.

Digitized by Google

Слѣдуетъ однако замѣтить, что при не свободномъ полетѣ нѣкоторыя насѣкомыя способны производить усиленные размахи однимъ изъ крыльевъ, тогда какъ другое только слегка дрожитъ. Мясная муха, напр., обыкновенно дѣлаетъ такія движенія; если держать ее пинцетомъ, оба крыла рѣдко дѣйствуютъ за одно. Внезапность и рѣзкость этихъ переходовъ, а также значительныя отклоненія, сообщаемыя ими оси тѣла животнаго, не позволили намъ собрать графическихъ чертежей одновременнаго движенія обоихъ крыльевъ и убѣдиться существуетъ ли при этихъ условіяхъ синхронизмъ, не смотря на неравенство размаховъ.

Приведенные чертежи показываютъ правильную періодичность полета насѣкомаго; но вмѣстѣ съ тѣмъ они учатъ, что графическій методъ не способенъ дать цѣльной картины всей экскурсіи крыла; потому что крыло не можетъ быть касательной къ достаточно большой части поверхности цилиндра. Каковы бы ни были движенія, описываемыя крыломъ, верхушка его движется очевидно на поверхности шара, радіусъ котораго есть длина крыла, а центръ лежитъ въ мѣстѣ прикрѣпленія этого органа къ *средгрудью*. Шаровая же поверхность можетъ имѣть не болѣе одной точки касанія съ другой плоской или выпуклой поверхностью; потому то для цѣлаго ряда экскурсій крыла мы получаемъ рядъ точекъ если вертящійся цилиндръ образуетъ касательную съ верхушкой крыла. Болѣе сложные чертежи получаются при болѣе полномъ соприкосновеніи, когда крыло сгибается и третъ частью своей поверхности или своихъ краевъ.

Мы будемъ говорить впослѣдствіи, какимъ образомъ графическій методъ можетъ служить для опредѣленія движеній крыла; укажемъ сначала, ради ясности изло-

Digitized by Google

женія, на результаты, полученные съ помощью другаго метода.

II. *Оптическій методъ для опредѣленія движеній крыла.* Убѣдившись окончательно, на основаніи предъидущихъ опытовъ, въ правильной періодичности движеній крыла у насѣкомыхъ, мы предположили, что съ помощью зрѣнія можно будетъ опредѣлить характеръ этихъ движеній. Дѣйствительно, если къ концу крыла прицѣпить какую нибудь блестку, то послѣдняя, пробѣгая постоянно черезъ однѣ и тѣже точки пространства, оставитъ свѣтовой слѣдъ, который воспроизведетъ правильную фигуру, нисколько непострадавшую отъ тренія о поверхность цилиндра. Оптическій методъ этотъ былъ уже впрочемъ приложенъ однажды въ аналогическомъ случаѣ Уэтстономъ, который придѣлывалъ блестящіе металическіе шарики къ пластинкамъ съ сложными колебаніями и получалъ свѣтовыя фигуры, измѣнившіяся при различныхъ комбинаціяхъ колебательныхъ движеній.

Приклеивъ листочекъ золота къ верхушкѣ крыла осы и освѣтивъ солнечнымъ лучемъ насѣкомое, стремившееся улетѣть, мы получили свѣтовое изображеніе послѣдовательныхъ положеній крыла, походившее приблизительно на фиг. 71.

Фигура эта показываетъ, что конецъ крыла описываетъ весьма удлиненную цифру 8; иногда даже крыло двигается какъ будто въ одной плоскости; затѣмъ минуту спустя снова раскрываются концевыя петли, образующія цифру 8. Когда отверстіе петель расширяется, то одна изъ нихъ преобладаетъ обыкновенно надъ другой; всего чаще увеличивается нижняя петля, а верхняя уменьшается. Наконецъ, при еще большемъ расширеніи фигура видоизмѣняется иногда въ неправильный

Digitized by Google

эллипсъ, на верхушкѣ котораго можно однако еще видѣть слѣды второй петли.

Мы думали, что намъ первымъ удалось опредѣлить эту форму траекторіи крыла насѣкомаго; но протестъ м-ра Петтигрью показалъ намъ, что англійскій натуралистъ уже ранѣе открылъ эту форму движенія крыла у насѣкомыхъ и изобразилъ ее въ своемъ сочиненіи [1]). Чи-

Фиг. 71.—Видъ осы съ позолоченными верхушками обоихъ большихъ крыльевъ.—Животное помѣщено въ солнечномъ лучѣ.

татель увидитъ, что несмотря на это кажущееся сходство наша теорія расходится въ корнѣ съ теоріей м-ра Петтигроу.

Измѣненіе плоскости крыла. Свѣтовая фигура, кото-

[1]) On the mechanical appliances by wich Flight is attained in the animal Kingdom. *Transactions of the Linnean Society*, 1867, p. 233.

Digitized by Google

рую чертитъ позолоченое крыло насѣкомаго при своихъ движеніяхъ, показываетъ еще, что во время попеременныхъ движеній крыла плоскость его измѣняетъ свое отношеніе къ оси тѣла насѣкомаго, и что верхняя поверхность его смотритъ нѣсколько назадъ во время періода подниманія, и нѣсколько впередъ во время опусканія.

Въ самомъ дѣлѣ, если позолотить значительную часть верхней поверхности крыла осы, причемъ нужно стараться, чтобы позолота не переходила на другую сторону, то можно видѣть, что животное, помѣщенное въ солнечномъ лучѣ, даетъ фигуру 8 съ весьма разлпчной яркостью въ обѣихъ ея половинахъ, какъ видно на фиг. 71. Печатное 8 даетъ понятіе о происходящей формѣ, если принять, что толстая черта цифры соотвѣтствуетъ наиболѣе яркой части изображенія а тонкая наиболѣе темной.

Очевидно, что причина этого явленія лежитъ въ измѣненіи плоскости крыла; измѣненіи, вслѣдствіе котораго паденіе солнечныхъ лучей, благопріятное для отраженія въ періодъ подниманія, неблагопріятно при опусканіи. Если перевернуть животное для того чтобы посмотрѣть на свѣтовую фигуру съ другой стороны, то цифра 8 представляетъ свои свѣтлыя и темныя черты въ обратномъ порядкѣ: она блеститъ въ той части, которая передъ этимъ была темной и наоборотъ.

При помощи графическаго метода мы найдемъ новыя доказательства этихъ измѣненій въ плоскости крыльевъ насѣкомыхъ при полетѣ. Явленіе это весьма важно, потому что въ немъ заключается, по нашему мнѣнію, ближайшая причина силы, передвигающей тѣло животнаго.

Для повѣрки предыдущихъ опытовъ и для того, чтобы еще полнѣе убѣдиться въ перемѣщеніяхъ крыла, видимыхъ съ помощью оптическаго метода, мы вводили ко-

Digitized by Google

нецъ тонкаго шила во внутрь петель цифры 8, описанной крыломъ, и нашли, что внутри этихъ петель дѣйствительно существуютъ свободныя пространства въ видѣ воронокъ, въ которыя проникаетъ шило, не встрѣчая крыла; если же коснуться мѣста, гдѣ линіи перекрещиваются, крыло тотчасъ начинаетъ бить о шило и полетъ прекращается.

III. *Графическій методъ, приложенный къ опредѣленію движеній крыла.* Предыдущіе опыты въ значительной степени облегчаютъ пониманіе фигуръ, получаемыхъ при треніи крыла насѣкомаго о закопченный цилиндръ. Хотя чертежи эти бо́льшею частью несовершенны, можно все-таки съ помощью ихъ разсѣянныхъ отрывковъ возстановить фигуру, данную оптическимъ методомъ.

Во первыхъ, оказывается, что, не стѣсняя замѣтнымъ образомъ летательныхъ движеній, можно получить чертежи въ 7 и 8 миллиметровъ ширины, если крыло довольно длинно. Легкій изгибъ, которому подвергается крыло, позволяетъ ему оставаться въ соприкосновеніи съ цилиндромъ на этомъ пространствѣ; мы получаемъ, слѣдовательно, частное изображеніе движенія. Поэтому, если привести крыло въ соприкосновеніе съ цилиндромъ въ различныхъ точкахъ проходимаго имъ пути, то можно получить цѣлый рядъ отдѣльныхъ чертежей, дополняющихъ другъ друга и позволяющихъ вывести форму, которую имѣло бы графическое изображеніе полнаго крыловаго оборота. Предположимъ, что въ фиг. 71 кривая, описанная позолоченнымъ крыломъ, раздѣлена горизонтальными линіями на три пояса: верхній, образованный верхнею петлею; средній, занимающій мѣсто перекрещиванія обоихъ вѣтвей 8, похожее до нѣкоторой степени на X, и, наконецъ, нижній, состоящій изъ нижней петли.

Digitized by Google

Записывая движенія средняго пояса, получаемъ фигуры, довольно сходныя между собою и въ которыхъ линіи, наклонныя по отношенію одна къ другой, пере-

Фиг. 72.—Чертежъ средняго пояса пути крыла пчелы, который показываетъ перекрещиваніе обѣихъ вѣтвей 8. Одна изъ вѣтвей идетъ довольно низко; несмотря на это изображенія нижней петли не получилось.

крещиваются. Мы видимъ это на фиг. 72, средней части графическаго рисунка полета пчелы, и на фиг. 73, средней части рисунка полета хоботника.

Верхній поясъ пути, описываемаго крыломъ, даетъ графическія изображенія, сходныя съ представленными на фиг. 74, гдѣ мы ясно видимъ верхнія петли цифры 8.

Фиг. 73.—Чертежъ средняго пояса крыловаго пути хоботника «*macroglosse du caille-lait*». Сложныя черты этого рисунка обусловливаются тѣмъ, что концы крыльевъ бахромчаты и представляютъ много неровностей.

Наконецъ, чертежи пояса, соотвѣтствующаго нижней части крыловаго пути, даютъ такія же петли, какъ и верхній поясъ (фиг. 75 представляетъ образчикъ), такъ

Digitized by Google

что цифра 8 можетъ быть воспроизведена сближеніемъ трехъ отрывковъ чертежа, полученныхъ одинъ за другимъ.

Если бы можно было получить за одинъ разъ полный чертежъ крыла насѣкомаго, мы бы имѣли передъ собою фи-

Фиг. 74.—Показываетъ на чертежѣ крыла осы верхнюю петлю и все протяженіе одной изъ вѣтвей 8.—Средняя часть этой вѣтви только пунктирована, вслѣдствіе слабаго тренія крыла.

гуру вполнѣ тождественную съ той, которую получилъ впервые акустикъ Кенигъ, съ помощью пластинки Уэтстона, настроенной на октаву, т. е. описывающей цифру 8 въ пространствѣ. Типическая форма эта представлена на рис. 76.

Фиг. 75.—Чертежъ крыла осы; можно ясно видѣть нѣкоторыя изъ нижнихъ петель (насѣкомое держали такъ, что нижняя поверхность кончика крыла касалась цилиндра; этимъ путемъ получаются весьма полные чертежи).

Мы увидимъ, что графическій методъ допускаетъ и другіе опыты, имѣющіе цѣлью провѣрить результаты, которые получены съ помощью иныхъ методовъ. Видоизмѣняя наклоненіе крыла къ вертящемуся цилиндру,

Digitized by Google

можно сказать напередъ какова будетъ описываемая фигура, если крыло дѣйствительно описываетъ фигуру 8. Если же получится фигура, соотвѣтствующая нашему предположенію, то это будетъ явнымъ доказательствомъ реальности движеній, принятыхъ нами.

Предположимъ, что крыло насѣкомаго, вмѣсто того, чтобы касаться цилиндра своей верхушкой, какъ въ описанныхъ нами случаяхъ, соприкасается съ нимъ однимъ изъ краевъ, и предположимъ на мгновеніе, что цифра 8, описанная крыломъ, до того удлинена, что весьма мало удаляется отъ пластинки, проведенной черезъ вертикальную ось фигуры. Если при этомъ условіи

Фиг. 76.—Чертежъ Уэтстоновской пластинки, настроенной на октаву, т. е. дѣлающей два поперечныхъ колебанія на каждое долевое (рис. заимствованъ у Р. Кёнига).—Замедленіе вращеній цилиндра производитъ сгущеніе кривыхъ къ концу рисунка.

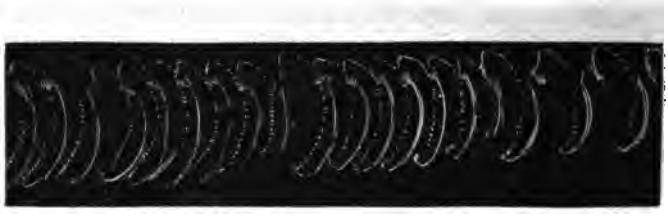
прижать крыло къ цилиндру, соприкосновеніе будетъ постояннымъ и чертежъ непрерывнымъ. Но получаемая фигура уже не будетъ цифрой 8; она будетъ, пока цилиндръ неподвиженъ, дугой круга, съ вогнутой стороной, обращенной къ точкѣ прикрѣпленія крыла, точкѣ, которая будетъ центромъ описаннаго круга. При вращеніи цилиндра фигура развернется, какъ колебаніе камертона, записанное при одинаковыхъ условіяхъ, и мы получимъ рисунокъ болѣе или менѣе сходный съ фиг. 77.

Форма эта, которую нужно было ожидать теоретически, замѣчается въ дѣйствительности всякій разъ,

Digitized by Google

когда плоскость, въ которой движется крыло, касательна къ поверхности цилиндра.

Но при разсматриваніи этихъ чертежей легко замѣтить въ нихъ *измѣненія въ толщинѣ черты*,—мѣста, которыя какъ бы начерчены то болѣе, то менѣе спль-



Фиг. 77.—Чертежъ, полученный съ помощью крыла пчелы, колеблющагося въ плоскости приблизительно касательной къ поверхности цилиндра.

нымъ треніемъ о цилиндръ. Въ этомъ то и заключается новое доказательство существованія движенія въ формѣ цифры 8, какъ мы докажемъ съ помощью повѣрочнаго синтетическаго опыта.

Возьмемъ Уэтстоновскую пластинку, настроенную на октаву, прикрѣпимъ къ ней крыло насѣкомаго вмѣсто

Фиг. 78. Чертежъ крыла осы; насѣкомое помѣщено такимъ образомъ, что крыло его касается цилиндра верхушкою и чертитъ по преимуществу верхнюю петлю 8.

острія и запишемъ дѣлаемыя имъ колебанія. Если цилиндръ неподвиженъ, мы получимъ фигуры въ формѣ 8, когда крыло касается бумаги своей верхушкой, поставленной перпендикулярно къ бумагѣ; если же цилиндръ вертится, то получимъ развернутыя 8.

Digitized by Google

Съ помощью пластинки, настроенной на октаву, можно получить чертежи, тождественные съ тѣми, которые даетъ насѣкомое. Можно судить объ этомъ изъ сравненія двухъ слѣдующихъ фигуръ (см. фиг. 78 и 79).

Фиг. 79.—Чертежъ Уэтстоновской пластинки, настроенной на октаву; къ ней прикрѣплено крыло осы и она поставлена такимъ образомъ, что чертитъ по преимуществу верхнюю петлю 8.

Наконецъ, графическій методъ даетъ намъ также доказательство перемѣнъ плоскости крыла насѣкомаго въ различные періоды его пути.

Фиг. 80 даетъ чертежъ крыла хоботника, помѣщеннаго такимъ образомъ, что оно касается цилиндра заднимъ краемъ. Не приближая насѣкомое слишкомъ близко

Фиг. 80 —Чертежъ движеній крыла хоботника, трущаго о цилиндръ своимъ заднимъ краемъ.

къ цилиндру, получаются лишь періодическія соприкосновенія; послѣднія происходятъ въ то мгновеніе, когда крыло описываетъ части петель 8, выпуклость которыхъ касательна къ цилиндру. Тренія, занимающія верхнюю

Digitized by Google

половину фигуры, смѣняются тѣми, которыя занимаютъ нижнюю половину. Кромѣ того, можно видѣть, что тренія эти произведены не одной и той же поверхностью. Дѣйствительно, легко видѣть, что чертежъ верхней половины, составленный изъ ряда насѣчекъ, произошелъ отъ соприкосновенія съ бахромчатымъ краемъ; напротивъ, чертежъ нижней половины составленъ другой частью крыла, неимѣющей бахромокъ и оставляющей слѣдъ болѣе бѣлый и съ болѣе рѣзкими очертаніями.

Измѣненія плоскости замѣчаются лишь при сильныхъ взмахахъ крыла. Фактъ этотъ слѣдуетъ запомнить, по-

Фиг. 81.—Чертежъ крыла усталаго хоботника.—На немъ не видно уже фигуры 8, но простое маятниковое качаніе.

тому что онъ наведетъ насъ на слѣдъ механизма движеній крыла.

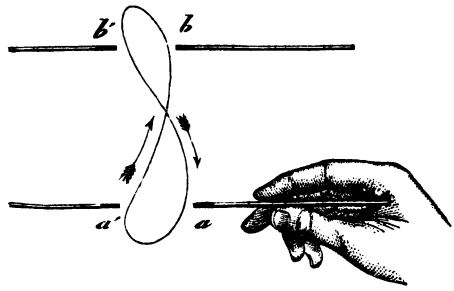
Фиг. 81, какъ и 80, составлена движеніями крыла хоботника, но вслѣдствіе усталости движенія эти потеряли почти весь свой размахъ.

На этой фигурѣ видѣнъ только рядъ маятникообразныхъ качаній, показывающихъ, что крыло только поднимается и опускается, не измѣняя плоскости. Блестящая линія, окаймляющая восходящія и верхнія части этихъ кривыхъ, объясняется попеременными изгибами крыла, которое третъ о бумагу и показываетъ, что верхняя поверхность имѣла шероховатость, оставившую рѣзкій слѣдъ, между тѣмъ какъ нижняя поверхность не имѣла подобной шероховатости.

Digitized by Google

IV. *Направленіе движенія крыла.* Недостаетъ еще одного весьма важнаго элемента для полнаго пониманія движеній, совершаемыхъ крыломъ насѣкомаго во время полета. Въ самомъ дѣлѣ, оптическій методъ, показывая намъ всѣ точки пути крыла съ позолоченой верхушкой, оставляетъ насъ въ невѣденіи насчетъ направленія этого движенія; въ какомъ бы направленіи ни двигалось крыло по своей орбитѣ, свѣтовой образъ долженъ быть всегда одинаковымъ.

Весьма простой способъ далъ намъ рѣшеніе этого новаго вопроса.



Фиг. 82.—Опредѣленіе направленія движеній крыла насѣкомаго.

Возьмемъ (фиг. 82) свѣтовой образъ, данный движеніями праваго крыла насѣкомаго. Стрѣлки показываютъ направленіе, въ которомъ происходятъ эти движенія, за которыми глазъ не въ состояніи слѣдить. Для опредѣленія направленія этихъ движеній берутъ полированную стеклянную палочку и чернятъ ее на пламени свѣчи; затѣмъ, держа палочку перпендикулярно къ направленію, въ которомъ движется крыло, ставятъ закопченный кончикъ въ *a*, т. е. впереди нижней петли. Этотъ кончикъ стараются ввести во внутрь пути, проходимаго крыломъ; но лишь только палочка попадаетъ въ эту область, какъ

Digitized by Google

она получаетъ рядъ ударовъ крыла, которое треть о ея поверхность и уноситъ копоть, покрывавшую стекло. Разсматривая затѣмъ поверхность стекла, можно видѣть, что копоть стерта только въ верхней части,—доказательство, что въ точкѣ a своего пути крыло имѣетъ нисходящее направленіе. Опытъ повторяютъ для a', т. е. нижней части пути крыла и находятъ, что палочка стерта снизу, т е. что въ a' движеніе было восходящимъ. Точно такимъ же способомъ можно доказать, что крыло поднимается въ b и опускается въ b'.

Намъ извѣстны теперь всѣ движенія, совершаемыя крыломъ насѣкомаго при полетѣ, какъ равно и двойное измѣненіе плоскости, сопровождающее ихъ. Въ измѣненіи насъ убѣдила различная степень яркости обѣихъ вѣтвей свѣтовой цифры 8. Можно кромѣ того, убѣдиться, что на пути опускающагося крыла, т. е. отъ b' къ a въ фигурѣ 82, верхняя поверхность крыла смотритъ нѣсколько впередъ, между тѣмъ какъ на пути отъ a' къ b, т. е. при восхожденіи, поверхность эта направлена нѣсколько кзади.

Digitized by Google

ГЛАВА II.

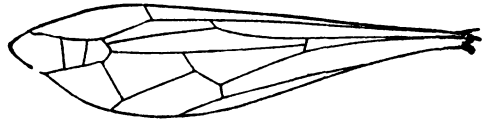
МЕХАНИЗМЪ ПОЛЕТА НАСѢКОМЫХЪ.

Причины движеній крыла насѣкомыхъ. — Мышцы производятъ только движенія взадъ и впередъ; сопротивленіе воздуха видоизмѣняетъ путь крыла.—Искусственное воспроизведеніе движеній крыльевъ насѣкомыхъ; устройство искусственнаго насѣкомаго, перемѣщающагося горизонтально. — Пареніе насѣкомаго.

1. *Причины движеній крыла.* Столь сложныя движенія заставляютъ предполагать существованіе весьма сложнаго мышечнаго аппарата. Между тѣмъ анатомія насѣкомаго не открываетъ мышцъ, способныхъ производить всѣ эти движенія. Въ двигательныхъ мышцахъ крыла мы находимъ только поднимателей и опускателей; впрочемъ, изслѣдуя ближе механическія условія полета насѣкомыхъ, можно будетъ видѣть, что для произведенія всѣхъ этихъ послѣдовательныхъ актовъ, столь правильно сочетаемыхъ, достаточно, со стороны мышечной дѣятельности, поперемѣннаго движенія взадъ и впередъ; сопротивленіе воздуха обусловливаетъ всѣ прочія формы движенія.

Digitized by Google

Если оторвать крыло насѣкомаго (фиг. 83) и если, держа его за подобіе ножки, прикрѣпляющей его къ груди, подвергнуть его току воздуха, то оказывается, что плоскость крыла наклоняется тѣмъ болѣе, чѣмъ сильнѣе дуновеніе. Передняя жилка оказываетъ сопротивленіе, но перепончатая пластинка, идущая кзади, уступаетъ вслѣдствіе большей гибкости. Если дуть на верхнюю поверхность крыла, то можно видѣть, какъ она отходитъ кзади; если же дуть снизу, то верхняя поверхность направляется впередъ. Феликсъ Плато утверждаетъ, что у нѣкоторыхъ видовъ насѣкомыхъ крыло болѣе противостоитъ давленію воздуха, дѣйствующаго снизу вверхъ, чѣмъ въ обратномъ направленіи.



Фиг. 83.—Строеніе крыла насѣкомаго.

Не ясно ли, что при движеніяхъ, совершающихся во время полета, сопротивленіе воздуха должно оказывать на плоскость крыла тоже дѣйствіе, какъ и токи воздуха, съ которыми мы только что дѣлали опыты? И дѣйствительно измѣненія плоскости, производимыя сопротивленіемъ воздуха при этихъ условіяхъ, совершенно сходны съ тѣми, которыя наблюдаются при полтеѣ. Мы видѣли уже, что спускающееся крыло обращаетъ свою переднюю поверхность впередъ,—результатъ сопротивленія воздуха, дѣйствующаго снизу вверхъ; напротивъ, восходящее крыло поворачивается верхней стороной кзади, что зависитъ отъ сопротивленія воздуха по направленію сверху внизъ.

Нѣтъ поэтому причинъ искать спеціальной мышечной дѣятельности для измѣненій плоскости крыла; измѣненія

Digitized by Google

же эти дадутъ намъ ключъ къ наклоннымъ и криволинейнымъ движеніямъ, которыя обусловливаютъ 8-образную форму пути крыла у насѣкомыхъ.

Возвратимся къ фиг. 82. Нисходящее крыло направляется вмѣстѣ съ тѣмъ сзади напередъ. Отсюда наклоненіе, принимаемое плоскостью крыла подъ вліяніемъ сопротивленія воздуха, необходимо требуетъ косвеннаго опусканія изъ b' въ a. Наклонная плоскость, ударяющая по воздуху, стремится двигаться по направленію своего собственнаго наклоненія.

И такъ предположимъ, что мышечная дѣятельность заставляетъ крыло только подниматься и опускаться; сопротивленіе воздуха, вслѣдствіе давленія, производимаго на плоскость крыла, заставляетъ его направляться впередъ при опусканіи. Но это отклоненіе не можетъ совершиться безъ легкаго изгиба крыловой жилки. Съ другой стороны, сила, отклоняющая крыло впередъ, необходимо должна видоизмѣняться въ интенсивности, смотря по быстротѣ, съ какой опускается крыло. Отсюда, когда при окончаніи нисходящаго пути крыло начнетъ опускаться медленнѣе, мы видимъ, что жилка, отклоненная менѣе прежняго, возвращаетъ крыло назадъ по криволинейному пути. Такъ объясняется совершенно естественно происхожденіе нисходящей вѣтви 8-образнаго пути крыла.

Та же теорія приложима къ образованію восходящей вѣтви этой фигуры. Вообще маятникообразнаго качанія, производимаго жилкою крыла, въ соединеніи съ сопротивленіемъ воздуха достаточно для объясненія всѣхъ движеній, открывающихся наблюденію.

2. *Искусственное воспроизведеніе движеній крыла насѣкомыхъ.* Для того, чтобы наши теоретическіе выводы имѣли твердую опору, необходимо провѣрить ихъ

Digitized by Google

на опытѣ. Намъ удалось получить это подтвержденіе при слѣдующихъ условіяхъ.

Возьмемъ аппаратъ (фиг. 84), который съ помощью рукоятки и рычага сообщаетъ гибкой пластинкѣ быст-

Фиг. 84. — Искусственное воспроизведеніе движеній крыла насѣкомаго.

рыя движенія взадъ и впередъ въ отвѣсномъ направленіи. Прикрѣпимъ къ ней тонкую перепонку, похожую на ткань крыла, такъ чтобы пластинка эта замѣняла

Digitized by Google

собой жилку; мы увидимъ повтореніе всѣхъ движеній, производимыхъ въ пространствѣ крыломъ насѣкомаго.

Если мы освѣтимъ кончикъ этого искусственнаго крыла, то увидимъ, что оно описываетъ цифру 8, какъ и настоящее крыло; мы увидимъ далѣе, что плоскость крыла мѣняется дважды при каждомъ оборотѣ; всѣ явленія совершенно тѣ же, какъ и у летающаго насѣкомаго.

Между тѣмъ, въ описанномъ аппаратѣ, движеніе, сообщенное крылу, состоитъ исключительно въ попеременныхъ подниманіяхъ и опусканіяхъ. Безъ сопротивленія воздуха крыло должно было бы опускаться и подниматься, оставаясь въ вертикальной плоскости. Значитъ, всѣ эти осложненія въ движеніяхъ обусловливаются сопротивленіемъ воздуха. Слѣдовательно, сопротивленіе воздуха сгибаетъ жилку крыла, сообщая ей направленіе, перпендикулярное къ плоскости своего колебанія.

Но если крыло, при каждомъ изъ своихъ попеременныхъ движеній, направляется въ сторону своей жилки, то ясно, что воздухъ при ударахъ крыла получитъ толчекъ въ противоположномъ направленіи. Другими словами, онъ будетъ выходить у гибкаго края крыла, образуя въ этомъ смыслѣ мѣха. На фиг. 84 можно видѣть что пламя свѣчи, поставленной въ сторонѣ тонкаго края крыла, значительно отклоняется происходящимъ токомъ воздуха. Впереди крыла должна напротивъ образоваться тяга. Пламя свѣчи, поставленной впереди жилки, сильно притягивается.

III. *Поступательное движеніе крыльевъ насѣкомаго.* — Какъ ракета двигается впередъ въ направленіи, противуположномъ свѣтлой струѣ, которую она испускаетъ, такъ и насѣкомое двигается въ направленіи противоположномъ току воздуха, образуемому движеніями его крыльевъ.

Digitized by Google

Каждый взмахъ крыла ударяетъ косвенно по воздуху и нарушаетъ сопротивленіе этой среды, такъ что происходитъ горизонтальная составляющая сила, которая толкаетъ насѣкомое впередъ. Эта составляющая сила играетъ роль какъ при восхожденіи, такъ и при нисхожденіи крыла, вслѣдствіе чего оба періода колебанія крыла одинаково благопріятны для движенія насѣкомаго впередъ.

Результатъ здѣсь сходенъ съ тѣмъ, который получается въ водѣ при движеніяхъ кормоваго весла. Каждый ударъ весла, представляющаго наклонную плоскость къ сопротивленію воды, разлагаетъ это сопротивленіе на двѣ силы: одна изъ нихъ дѣйствуетъ въ направле-

Фиг. 85.—Изображеніе измѣненій плоскости крыла насѣкомыхъ.

ніи противоположномъ движенію весла; другая перпендикулярна къ нему; послѣдняя сила и толкаетъ лодку.

Большинство двигательныхъ снарядовъ, дѣйствующихъ въ водѣ, разлагаютъ такимъ же образомъ сопротивленіе жидкости движеніемъ наклонной плоскости. Рыбій хвостъ производитъ такое же дѣйствіе; хвостъ бобра тоже, съ тою только разницею, что онъ дѣйствуетъ въ отвѣсной плоскости. Винтъ можно тоже разсматривать какъ наклонную плоскость, движеніе которой непрерывно и сохраняетъ постоянно одно и то же направленіе.

Если изобразить наклоненіе плоскости крыла въ различныхъ точкахъ его пути, то получится фиг. 85, гдѣ

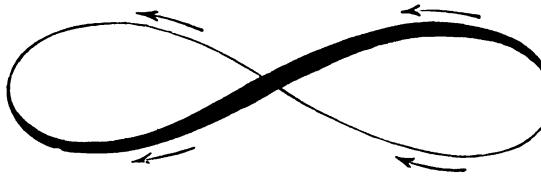
Digitized by Google

стрѣлки показываютъ направленіе пути крыла и гдѣ точечныя или сплошныя линіи показываютъ наклонсніе его плоскости.

Послѣ этого стоитъ взглянуть на рисунокъ, приложенный м-ромъ Петтигрью къ его сочиненію о полетѣ, чтобы убѣдиться, до какой степени мы расходимся во взглядахъ съ англійскимъ натуралистомъ.

Траекторія крыла изображена м-ромъ Петтигрью на фиг. 86. Четыре стрѣлки показываютъ, по его мнѣнію, направленіе движенія въ различныхъ точкахъ пути.

Замѣтимъ, что всѣ четыре стрѣлки имѣютъ одинаковое направленіе. Фактъ этотъ противорѣчитъ опыту,



Фиг. 86. Траекторія крыла.

описанному на стр. 255, гдѣ мы прослѣдили направленіе движенія крыла и нашли его противоположнымъ въ обѣихъ вѣтвяхъ 8. Для объясненія формы, найденной имъ для пути крыла, м-ръ Петтигрью допускаетъ, что при переходѣ справа налѣво крыло описываетъ толстую вѣтвь 8 своимъ толстымъ краемъ и тонкую вѣтвь тонкимъ краемъ. Перекрещиваніе 8 происходило бы поэтому полнымъ поворотомъ плоскости крыла втеченіе одной изъ фазъ его пути. Наконецъ, въ этомъ поворотѣ плоскости крыла авторъ видитъ дѣйствіе, сходное съ дѣйствіемъ винта, гайкой котораго служилъ бы воздухъ. Мы не останавливаемся долѣе на этой теоріи; мы только

Digitized by Google

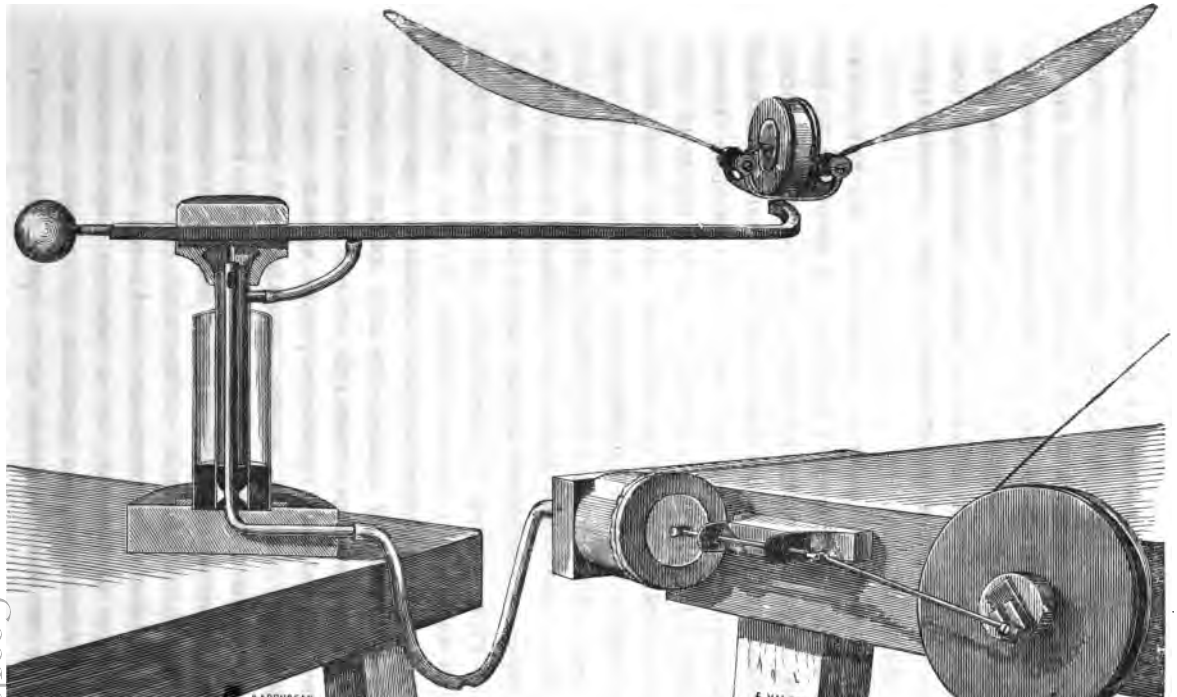
считали своимъ долгомъ привести ее, вслѣдствіе протеста, которому она послужила поводомъ.

IV. *Искусственное воспроизведеніе полета насѣкомаго.* — Съ цѣлью сдѣлать болѣе наглядным дѣйствіе крыла насѣкомаго и вліяніе сопротивленія воздуха, мы устроили слѣдующій аппаратъ. Фиг. 87 изображаетъ два искусственныхъ крыла, имѣющихъ твердую жилку, къ которой прикрѣплены сзади кусочки кишечной перепонки, поддерживаемой тонкими стальными нитями. Плоскость этихъ крыльевъ горизонтальна; приборъ изъ ломанныхъ рычаговъ поднимаетъ и опускаетъ ихъ, не сообщая имъ никакого боковаго движенія. Крылья приводятся въ движеніе маленькимъ мѣднымъ барабаномъ, въ которомъ воздухъ поперемѣнно сгущается или разрѣжается дѣйствіемъ насоса. Круговыя поверхности этого барабана сдѣланы изъ каучуковыхъ пластинокъ, сочлененныхъ съ обоими крыльями ломанными рычагами; воздухъ, сдавленный или разрѣженный въ барабанѣ, сообщаетъ этимъ гибкимъ перепонкамъ сильныя и быстрыя движенія, которыя передаются одновременно обоимъ крыльямъ.

Горизонтальная трубка, уравновѣшенная гирей, позволяетъ аппарату вертѣться вокругъ центральной оси и служить въ тоже время для проведенія воздуха изъ насоса въ двигательный барабанъ. Ось состоитъ изъ рода ртутнаго газометра, допускающаго герметическое закрываніе воздушныхъ трубокъ, и вмѣстѣ съ тѣмъ позволяющаго инструменту свободно вертѣться въ горизонтальной плоскости.

При такомъ устройствѣ аппарата можно изучить механизмъ, посредствомъ котораго сопротивленіе воздуха, въ соединеніи съ движеніями крыльевъ, обусловливаетъ движеніе насѣкомаго впередъ.

Digitized by Google



Фиг. 87. — Искусственное насѣкомое или схема полета насѣкомыхъ.

Digitized by Google

Дѣйствительно, если съ помощью воздушнаго насоса привести въ движеніе крылья искусственнаго насѣкомаго, то можно видѣть, что аппаратъ начинаетъ быстро вертѣться вокругъ своей оси. Механизмъ передвиженія насѣкомаго объясняется стало быть этимъ опытомъ, который вполнѣ подтверждаетъ теоріи, выведенныя нами изъ оптическаго и графическаго анализа движеній крыла во время полета.

Можно спросить себя, происходитъ ли 8-образныя движенія, описываемыя крыльями пойманнаго насѣкомаго, и при свободномъ его полетѣ. Мы видѣли, что изгибъ жилки зависитъ преимущественно отъ силы, толкающей насѣкомое впередъ, когда оно летитъ свободно. Отсюда можно было бы предположить, что жилка крыла не уступаетъ этой силѣ, когда насѣкомое летитъ свободно, и что горизонтальная составляющая обусловливаетъ только передвиженіе всего насѣкомаго впередъ.

Если, позолотивъ крылья искусственнаго насѣкомаго, смотрѣть на свѣтовой образъ, являющійся при полетѣ то фигура цифры 8 сохраняется при этомъ условіи, когда полетъ не слишкомъ быстръ. Правда, фигура эта видоизмѣняется перемѣщеніями аппарата; она какъ-бы развертывается и принимаетъ видъ цифры 8, занесенной на вертящемся цилиндрѣ; но она никогда не сводится къ простой маятникообразной кривой, что произошло бы, если бы жилка нисколько не сгибалась. Легко понять, что это должно быть такъ, вслѣдствіе инерціи аппарата, который не можетъ воспринимать измѣнчивыхъ движеній, сообщаемыхъ ему каждымъ ударомъ крыла. Искусственное насѣкомое, будучи разъ приведено въ движеніе, то опережаетъ горизонтальную силу, развиваемую его крыльями, то отстаетъ отъ нея; вслѣдствіе этого крыловая жилка принуждена изгибать-

Digitized by Google

ся, потому что движимая масса не можетъ непосредственно слѣдовать горизонтальной составляющей силѣ, которую крыло заимствуетъ отъ сопротивленія воздуха. То же явленіе должно повторяться при полетѣ настоящаго насѣкомаго.

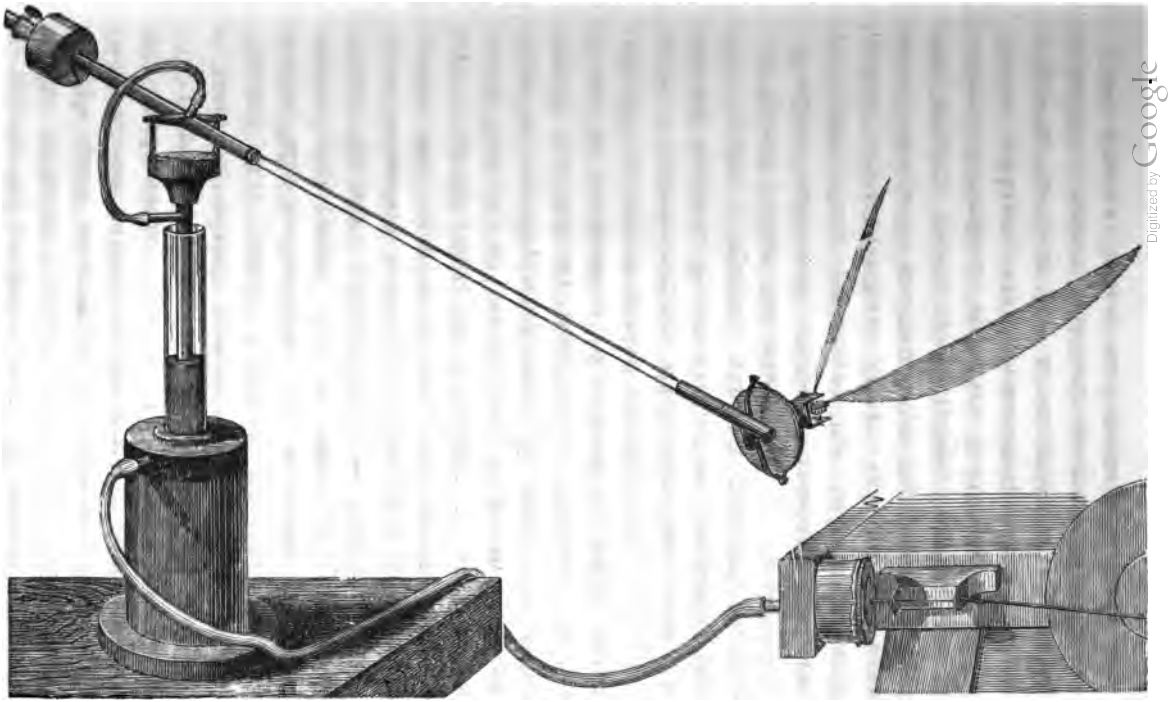
V. *Пареніе насѣкомаго.* — Описанный нами аппаратъ не даетъ еще полнаго понятія о механизмѣ полета насѣкомаго. Для удобства пониманія движеній крыла, мы должны были предположить, что колебанія его совершаются снизу вверхъ, т. е. со спинки къ брюшку животнаго, лежащаго горизонтально на воздухѣ. Стоитъ однако наблюдать за полетомъ нѣкоторыхъ насѣкомыхъ, простой мухи, напр, и большей части другихъ двукрылыхъ, и мы замѣтимъ, что плоскость, въ которой двигаются крылья, не вертикальна, а напротивъ весьма близка къ горизонтальной линіи. Плоскость эта поворачиваетъ свою верхнюю поверхность нѣсколько впередъ; верхней же поверхности соотвѣтствуетъ жилка крыла. Движеніе насѣкомаго должно поэтому совершаться снизу вверхъ и немного впередъ. Наибольшая часть силы, развиваемой крыломъ, будетъ идти на то, чтобы поддерживать насѣкомое противъ дѣйствія тяжести; остатокъ силы будетъ толкать его впередъ.

Измѣняя наклоненіе плоскости колебанія крыльевъ, что можетъ быть достигнуто при помощи движеній брюшка, перемѣщающихъ центръ тяжести, насѣкомое можетъ, смотря по необходимости, ускорять свое движеніе впередъ, терять пріобрѣтенную скорость, двигаться назадъ и наконецъ бросаться въ сторону.

Легко замѣтить, что перепончатокрылое насѣкомое, которое на быстромъ лету останавливается на цвѣткѣ, наклоняетъ плоскость колебанія крыльевъ сильно сзади.

Нѣтъ впрочемъ ничего измѣнчивѣе наклоненія плос-

Digitized by Google



Фиг. 88. — Положеніе искусственнаго насѣкомаго, при которомъ можно получить пареніе или полетъ кверху.

Digitized by Google

кости колебанія крыльевъ у различныхъ видовъ насѣкомыхъ. У двукрылыхъ эта плоскость показалась намъ весьма близкой къ горизонтальной линіи; у перепончатокрылыхъ крыло движется въ плоскости, приближающейся къ 45°; наконецъ чешуекрылыя машутъ крыльями почти отвѣсно, наподобіе птицъ.

Съ цѣлью сдѣлать болѣе понятнымъ это вліяніе плоскости колебанія крыльевъ и показать, что сила, заимствованная отъ сопротивленія воздуха, имѣетъ двойное дѣйствіе, т. е. поднимаетъ и направляетъ насѣкомое, необходимо придать нашей схемѣ особенное устройство. Вопервыхъ, нужно имѣть возможность измѣнять плоскость колебанія крыльевъ; для этого барабанъ на концѣ горизонтальной трубки долженъ свободно вертѣться на шпилѣ. Чтобы далѣе сдѣлать замѣтной для наблюденія восходящую силу, развивающуюся при этомъ новомъ условіи, аппаратъ долженъ не только вертѣться въ горизонтальной плоскости, но и качаться въ вертикальномъ направленіи, какъ коромысло вѣсовъ.

Фиг. 88 показываетъ новое устройство, которое мы придали аппарату для полученія этого двойнаго результата.

При этомъ устройствѣ воздушный насосъ, составляющій двигательную силу, оставленъ безъ измѣненія; равнымъ образомъ оставленъ и вертящійся столбикъ, опирающійся на ртутный газометръ. Но выше кружка, заканчивающаго вверху этотъ столбикъ, придѣланъ новый шарниръ; при его посредствѣ уравновѣшенная горизонтальная трубка, на концѣ которой помѣщается искусственное насѣкомое, можетъ колебаться въ вертикальной плоскости, какъ коромысло вѣсовъ. Для сообщенія между вертящимся столбикомъ и трубкой, несущей насѣкомое, служитъ тоненькая каучуковая трубка, достаточно гиб-

Digitized by Google

кая, чтобы не задерживать колебательныхъ движеній аппарата.

Фиг. 88 представляетъ еще нѣсколько побочныхъ видоизмѣненій; одно изъ нихъ заключается въ употребленіи стеклянной трубки, чтобы проводить воздухъ двигательнаго насоса къ насѣкомому; другое состоитъ въ измѣненіи механизма, двигающаго крылья. Важнѣйшее видоизмѣненіе есть прибавленіе шарнира, который позволяетъ придавать плоскости колебанія крыльевъ любое положеніе.

Аппаратъ устанавливается такимъ образомъ, чтобы гиря, находящаяся довольно близко къ центру привѣса, не уравновѣшивала тяжести насѣкомаго; затѣмъ насѣкомое направляютъ такъ, чтобы крылья его двигались въ горизонтальной плоскости, причемъ жилка должна быть обращена кверху. Тогда вся двигательная сила направлена снизу вверхъ, и лишь только насосъ начинаетъ дѣйствовать, насѣкомое поднимается вертикально. Легко опредѣлить тяжесть, поднимаемую взмахами крыльевъ; а такъ какъ далѣе, передвигая противовѣсъ, можно измѣнять по произволу тяжесть насѣкомаго, то легко опредѣлить развивающуюся силу по частотѣ или обширности взмаховъ.

Заставивъ насѣкомое сдѣлать полъ-оборота, такъ, чтобы его крылья, продолжая колебаться въ горизонтальной плоскости, были обращены жилкою внизъ, мы разовьемъ отвѣсную нисходящую силу, которую можно опредѣлить, отодвигая болѣе или менѣе гирю и заставляя насѣкомое поднимать ее при своемъ опусканіи.

Если дать плоскости колебанія крыльевъ отвѣсное направленіе, то насѣкомое вертится горизонтально вокругъ своей подставки, совершенно такъ же какъ въ аппаратѣ, описанномъ выше и представленномъ на фиг. 87.

Digitized by Google

Наконецъ, если придать плоскости колебанія крыльевъ наклонное положеніе, которое оно имѣетъ у большинства настоящихъ насѣкомыхъ, т. е. положеніе, при которомъ жилки были бы обращены кверху и немного впередъ, то насѣкомое начинаетъ подниматься противъ ихъ тяжести и вмѣстѣ съ тѣмъ вертѣться вокругъ вертикальной оси. Словомъ, аппаратъ представляетъ двойной эффектъ, наблюдаемый на летающемъ насѣкомомъ, которое въ движеніяхъ своихъ крыльевъ находитъ въ одно и тоже время силу, поддерживающую его на воздухѣ, и силу, передвигающую его въ пространствѣ.

Изъ этихъ двухъ силъ первая значительно больше: отсюда, когда насѣкомое паритъ надъ цвѣткомъ и на него падаютъ косвенные лучи заходящаго солнца, то можно легко убѣдиться, что плоскость колебанія его крыльевъ приблизительно горизонтальна. Наклонъ этой плоскости долженъ, очевидно, измѣниться, лишь только насѣкомое захочетъ быстро перенестись въ какомъ бы то ни было направленіи; но тогда глазъ уже не можетъ слѣдить за нимъ и не въ состояніи замѣтить того измѣненія плоскости, существованіе котораго можно принять на основаніи изложенныхъ выше теоретическихъ соображеній и опытовъ.

Любопытно было бы изучить пригиотовительныя движенія полета. Мы имѣемъ въ виду не только развертываніе крыльевъ, которое замѣчается у жесткокрылыхъ, собирающихся улетѣть,—движеніе настолько медленное, что его иногда весьма удобно наблюдать,—или разглаживаніе верхнихъ крыльевъ, которое предшествуетъ полету у осъ. Другія насѣкомыя, напр. двукрылыя, представляютъ весьма замѣчательное движеніе, вращеніе крыла вокругъ своей жилки въ то мгновеніе, когда крылья, лежавшія на спинѣ въ спокойномъ состояніи,

Digitized by Google

направляются кнаружи и впередъ для полета. Мухи, долгоножки и др. виды отличаются этой особенностью, которую легко наблюдать, когда утомленное животное не имѣетъ уже прежней силы при полетѣ. Можно ясно видѣть, что жилка остается приблизительно неподвижной и что вокругъ нея поворачивается перепончатая пластинка, свободный конецъ которой направляется прямо внизъ. Разъ такое положеніе принято, насѣкомому остается только махать крыльями въ почти горизонтальномъ направленіи спереди назадъ и сзади напередъ. Не будь этого вращенія, крыло рѣзало бы воздухъ своимъ острымъ краемъ и не могло бы производить полета. У другихъ видовъ, напр. стрекозъ, всѣ четыре крыла при покоѣ сложены вмѣстѣ, стоймя надъ брюшкомъ насѣкомаго. Жилки ихъ обращены кверху и сохраняютъ это положеніе, когда крылья направляются внизъ и впередъ: тутъ не нужно никакого приготовленія къ полету. Этимъ насѣкомымъ, какъ и бабочкамъ, достаточно просто взмахнуть крыльями, чтобы улетѣть.

Интересно будетъ прослѣдить въ цѣломъ ряду насѣкомыхъ видоизмѣненія, представляемыя механизмомъ полета.

Изложенная нами теорія находитъ себѣ подтвержденіе въ опытахъ, произведенныхъ нѣкоторыми натуралистами съ помощію вивесекцій. Наиболѣе интересными изъ нихъ мы обязаны профессору Жирару. Всѣ его опыты показываютъ, что крылу насѣкомаго для его дѣятельности необходимо имѣть твердую переднюю жилку и гибкую перепонку. Если смазать гибкій край крыла веществомъ, твердѣющимъ при высыханіи, то полетъ сдѣлается невозможнымъ. Точно также прекращается способность летать, если уничтожить твердость передней жилки. Наоборотъ, если отрѣзать часть гибкой перепон_

Digitized by Google

ки параллельно нижнему краю, полетъ не нарушается потому что крыло сохраняетъ свойства, необходимыя для его дѣятельности, т. е. твердую жилку и гибкую, поверхность. Наконецъ, у нѣкоторыхъ видовъ насѣкомыхъ содѣйствіе двухъ крыльевъ необходимо для полета. Родъ ложнаго надкрылья играетъ роль жилки, и позади его развертывается перепончатое крыло, захватывающее своимъ верхнимъ краемъ нижній край перваго. Второе крыло въ этихъ случаяхъ не имѣетъ достаточной твердости, чтобы съ успѣхомъ ударять по воздуху, и у такихъ насѣкомыхъ полетъ уничтожается, если отрѣзать ложное надкрыліе; это соотвѣтствуетъ уничтоженію жилки.

Digitized by Google

ГЛАВА III.

ПОЛЕТЪ ПТИЦЪ.

Строеніе птицы по отношенію къ полету. Строеніе крыла, его изгибы, его мышечный аппаратъ.—Мышечная сила птицы; быстрота сокращенія ея мышцъ.—Форма птицы; устойчивость, условія, благопріятствующія паренію. — Отношеніе между поверхностью крыльевъ и вѣсомъ тѣла у птицъ различной величины.

Тотъ же планъ, которому мы слѣдовали при изученіи полета насѣкомаго, будетъ руководить нами и при изученіи полета птицъ. Нужно будетъ, съ помощью тщательнаго анализа, опредѣлить всѣ движенія, дѣлаемыя крыломъ во время полета; изъ этихъ движеній нужно будетъ вывести заключеніе о сопротивленіи воздуха, служащаго птицѣ точкой опоры. Наконецъ, высказавъ теоретическія соображенія относительно механизма полета, траты рабочей силы со стороны птицы и т. д., намъ придется, какъ при изученіи полета насѣкомыхъ, воспроизвести всѣ эти явленія съ помощью искусственныхъ аппаратовъ.

Digitized by Google

Но прежде, чѣмъ приняться систематически за это изслѣдованіе, полезно будетъ приготовиться къ нему посредствомъ нѣсколькихъ общихъ замѣчаній о строеніи птицы, устройствѣ ея крыльевъ, силѣ ея мышечной системы, условіяхъ ея равновѣсія въ воздухѣ и т. д.

Строеніе птицы. — При поверхностномъ разсматриваніи птичьяго крыла, легко уже замѣтить, что механизмъ полета здѣсь совершенно иной, чѣмъ у насѣкомаго. Изъ способа прикрѣпленія маховыхъ перьевъ очевидно, что сопротивленіе воздуха можетъ дѣйствовать только снизу вверхъ; въ противномъ случаѣ воздухъ нашелъ бы себѣ свободный выходъ, сгибая длинныя бородки перьевъ, лишенныхъ поддержки.

Эта особенность, всѣмъ извѣстная и тщательно описанная Прешльтомъ [1]), могла заставить думать, что крылу достаточно колебаться въ вертикальной плоскости для поддерживанія птицы противъ тяжести, такъ какъ воздушное сопротивлѐніе, дѣйствующее снизу вверхъ, преобладаетъ надъ тѣмъ, которое имѣетъ обратное направленіе.

Авторъ впалъ однако въ ошибку, основавъ на одной формѣ органа полета всю теорію его дѣятельности. Мы увидимъ, что опытъ опровергаетъ самымъ положительнымъ образомъ эти преждевременные выводы.

Если взять мертвую птицу и растянуть ей крылья, какъ показано на фиг. 89, то легко замѣтить, что на различныхъ точкахъ своей длины крыло представляетъ весьма рѣзкія измѣненія плоскости. Внутри, т. е. по близости тѣла, оно сильно изгибается книзу и кзади, у верхушки горизонтально, а иногда изогнуто такимъ

---

[1]) *Prechlt*, Untersuchungen über den Flug der Vögel, in 8., Wien, 1846.

Digitized by Google

образомъ, что нижная поверхность слегка обращена назадъ.

М-ръ Петтигрью видитъ въ этой кривизнѣ винтообразную поверхность; пораженный сходствомъ между формой крыла и корабельнаго винта, онъ разсматриваетъ крыло птицы какъ винтъ, которому гайкою служитъ воздухъ. Мы не считаемъ нужнымъ опровергать такую теорію. Слишкомъ очевидно, что поперемѣнный типъ, составляющій отличительную черту всякаго мышечнаго движенія, не приложимъ къ дѣйствію винта; допуская даже, что крыло вертится вокругъ своей оси, вращеніе это во всякомъ случаѣ обнимаетъ лишь часть круга; затѣмъ слѣдуетъ вращеніе въ противоположномъ направленіи, ко-

Фиг. 89. — Различные изгибы птичьяго крыла на различныхъ точкахъ протяженія.

торое въ винтѣ уничтожило бы совершенно эффектъ предыдущаго движенія. Несмотря на это, англійскій авторъ, мнѣнія котораго мы приводимъ, былъ до такой степени убѣжденъ въ истинѣ своей теоріи, что хотѣлъ распространить ее на все животное царство. Для него локомоція, во всѣхъ ея формахъ, земная, водная и воздушная, обусловливается винтовыми движеніями.

Будемъ заимствовать у анатоміи органовъ полета лишь то, что она въ состояніи дать намъ, т. е. ограничимся указаніями на силы, которыя птица можетъ развивать при полетѣ, и направленіе, въ которомъ должны дѣйствовать эти силы.

Digitized by Google

Сравнительная анатомія показываетъ намъ въ птичьемъ крылѣ аналогію верхней конечности млекопитающихъ. Скелетъ крыла, подобно скелету человѣческой руки, имѣетъ плечевую кость, двѣ кости предплечія и рудиментарную ручную кисть, въ которой можно еще открыть кости запястья и фаланги пальцевъ. Мышцы крыла тоже представляютъ многочисленныя аналогіи съ мышцами верхней конечности человѣка; многія изъ нихъ до того сходны по виду и дѣятельности, что даже получили одни и тѣ же названія.

Наиболѣе развитыми мышцами птичьяго крыла являются тѣ, которыя, при своемъ сокращеніи, сгибаютъ или разгибаютъ ручную кисть по отношенію къ предплечію, предплечіе къ плечу и наконецъ двигаютъ самое плечо, т. е. всю конечность, вокругъ плечеваго сочлененія.

У большей части птицъ, въ особенности у крупныхъ видовъ, крыло кажется всегда растянутымъ во время полета. Отсюда положеніе, необходимое для того, чтобы птица могла летать, дается и поддерживается, повидимому, дѣятельностью однѣхъ разгибающихъ мышцъ различныхъ отдѣловъ крыла; что же касается до двигательной силы, то она обусловливается дѣятельностью другихъ мышцъ, гораздо болѣе сильныхъ, чѣмъ предыдущія, — именно *грудныхъ*.

Вся передняя поверхность птичьей груди покрыта сильными мышечными массами и въ особенности одной большой мышцей, которая, по своему прикрѣпленію къ грудной кости, ребрамъ и плечу, соотвѣтствуетъ *большой грудной мышцѣ* человѣка и млекопитающихъ. Дѣятельность ея очевидно заставляетъ крыло быстро и сильно опускаться и находить въ воздухѣ точку опоры, достаточную для того, чтобы поддерживать и приводить въ движеніе всю массу тѣла. Подъ большой грудной

Digitized by Google

мышцею лежитъ *средняя грудная*, поднимающая крыло. Наконецъ снаружи лежитъ *малая грудная мышца*, которая помогаетъ большой и идетъ отъ грудной кости къ плечу.

Такъ какъ сила мышцы пропорціональна ея объему, а грудныя мышцы составляютъ приблизительно $^1/_6$ вѣса цѣлой птицы, то становится сразу понятнымъ, что эти могучія мышцы должны играть главную роль при полетѣ.

Борелли пробовалъ вычислить, изъ объема грудныхъ мышцъ, силу, которую онѣ способны развивать; и нашелъ возможнымъ опредѣлить, что сила, употребляемая птицей для полета, въ 10,000 разъ больше вѣса ея тѣла. Не станемъ доказывать ошибку Борелли; нашлось и безъ того не мало противниковъ, которые пытались даже замѣнить его цифры другими, столь же мало доказанными. Огромныя противорѣчія, существующія между различными опредѣленіями мышечной силы птицъ, зависятъ отъ того, что попытки эти были преждевременны.

Такъ напр. Навіэ, опираясь на вычисленія, въ основѣ которыхъ не лежало никакихъ опытныхъ данныхъ, счелъ себя вправѣ принять, что птицы даютъ громадную механическую работу; 17 ласточекъ истрачиваютъ, по его мнѣнію, работу одной лошадиной силы. „Столь-же легко", остроумно замѣчаетъ Бертранъ, „доказать путемъ вычисленія, что птицы вовсе не могутъ летать; а это конечно не польстило бы математикамъ."

Далѣе мы видимъ, какъ Каньяръ-Латуръ строитъ теорію, въ силу которой крыло опускается 8 разъ быстрѣе, чѣмъ оно поднимается. Опытъ же показываетъ напротивъ, что подниманіе птичьяго крыла совершается скорѣе опусканія.

Опредѣленіе мышечной силы птицы. Въ наше время слѣдуетъ измѣрять механическія силы работою. Для

Digitized by Google

этого необходимо знать: съ одной стороны, величину сопротивленія, встрѣчаемаго крыломъ въ каждый моментъ его движенія; съ другой же стороны, — путь, который оно заставляетъ пробѣгать сопротивленію. Такая оцѣнка предполагаетъ напередъ знаніе сопротивленія, оказываемаго воздухомъ поверхностямъ различной кривизны, движущимся съ различною скоростью; она предполагаетъ кромѣ того знаніе движеній крыла съ ихъ быстротой и направленіемъ въ каждое данное мгновеніе.

Задача эта должна быть повидимому послѣднею, которую мы можемъ надѣяться разрѣшить; но мы уже теперь имѣемъ возможность изучать мышечную силу птицы съ другихъ точекъ зрѣнія и объяснить нѣкоторыя изъ ея особенностей.

Такъ, путемъ опытовъ можно получить мѣру максимальнаго усилія, на которое способны мышцы птицы. Мѣра эта быть можетъ не будетъ вполнѣ соотвѣтствовать дѣйствительному усилію, дѣлаемому при полетѣ, но она удержитъ насъ по крайней мѣрѣ отъ преувеличеній.

Еслибы опредѣленія Борелли и даже Навіэ были вѣрны, то слѣдовало бы найти въ птичьихъ мышцахъ весьма значительную статическую силу. Опытъ показываетъ между тѣмъ, что мышцы птицъ не способны повидимому на болѣе энергическія усилія, чѣмъ мышцы другихъ животныхъ.

Опытъ. — Первый опытъ былъ произведенъ на сарычѣ. Птица въ клобучкѣ была положена на спину и крылья ея укрѣплены на столѣ мѣшками съ свинцовой дробью. Клобучченіе погружаетъ птицу въ родъ оцѣпенѣнія, во время котораго надъ нею можно производить какіе угодно опыты безъ всякихъ проявленій страданія съ ея стороны. Затѣмъ мы обнажили большую

Digitized by Google

грудную мышцу и плечевую область, перевязали артерію и отдѣлили локоть въ сочлененіи, отбросивъ всю остальную часть крыла. Къ концу плечевой кости была прикрѣплена веревка, а къ концу веревки привязанъ подносъ съ дробью. Туловище птицы было укрѣплено совершенно неподвижно. Затѣмъ мышцу начали возбуждать перерывистымъ индуктивнымъ токомъ. Во время искусственнаго сокращенія мышцы помощникъ прибавлялъ дробь до той минуты, пока сокращеніе было пересилено тяжестью. Въ это мгновеніе поднятая тяжесть равнялась 2 килограммамъ 380 граммамъ.

Принимая въ разсчетъ неравную длину плечъ рычага силы и сопротивленія, находимъ, что вся сумма усилія, произведеннаго мышцею, равняется 12 кил. 600 грам.; это же соотвѣтствуетъ тракціи въ 1.298 гр. на каждый кв. центиметръ поперечнаго разрѣза мышцы.

Голубь при тѣхъ же условіяхъ далъ въ общемъ итогѣ усиліе въ 4.860 граммовъ; по отношенію къ поперечному разрѣзу его мышцы эта цифра равнялась приблизительно усилію въ 1.400 гр. для каждаго мышечнаго пучка въ квадратный центиметръ разрѣза.

Допустимъ, что электрическое раздраженіе, употребляемое при этихъ опытахъ для сокращенія мышцъ, вызываетъ меньшее усиліе, чѣмъ то, которое обусловливается волею; во всякомъ случаѣ, эти величины, меньшія, нежели получаемыя обыкновенно на мышцахъ млекопитающихъ при тѣхъ же условіяхъ, не даютъ права предполагать у птицъ какой либо особой мышечной силы.

Наконецъ, еслибы при этой оцѣнкѣ намъ было позволено сослаться на термо-динамическіе законы, то можно было бы утверждать, что птица при полетѣ не должна производить весьма значительной работы. Дѣйствитель-

Digitized by Google

но, работа возможна не иначе, какъ при потребленіи вещества; будь, поэтому, полетъ большой тратой работы, слѣдовало бы ожидать значительнаго уменьшенія въ вѣсѣ птицы послѣ продолжительнаго путешествія. Но ничего подобнаго не приходится наблюдать. Люди, воспитывающіе странствующихъ голубей, сообщили намъ по этому поводу свѣдѣнія, изъ которыхъ оказывается, что птица, перелетѣвшая безъ отдыха пространство въ пятьдесятъ миль (она дѣлаетъ это, повидимому, не принимая пищи), вѣситъ едвали нѣсколькими граммами меньше, чѣмъ передъ отправленіемъ въ путь. Интересно было бы повторить эти опыты при строгихъ предосторожностяхъ.

Быстрота мышечныхъ актовъ у птицъ.—Одна изъ наиболѣе поразительныхъ особенностей мышечной дѣятельности у птицъ — чрезвычайная быстрота, съ которой развивается сила въ мышцахъ. Въ ряду различныхъ животныхъ видовъ, на которыхъ мы опредѣляли характеръ мышечной дѣятельности, птица, по быстротѣ движеній, занимаетъ первое мѣсто послѣ насѣкомыхъ.

Быстрота эта составляетъ необходимое условіе для полета. Въ самомъ дѣлѣ, опускающееся крыло можетъ найти въ воздухѣ достаточную точку опоры лишь при томъ условіи, если оно движется съ большою скоростью. Сопротивленіе воздуха для вытѣсняющей его плоскости возрастаетъ пропорціонально квадрату скорости, съ которой движется эта плоскость. Для птицы было бы безполезно имѣть сильныя мышцы, способныя производить значительную работу, еслибы мышцы эти сообщали крылу одни медленныя движенія; сила ихъ не нашла бы себѣ примѣненія за недостаткомъ сопротивленія, и всякая работа стала бы невозможной. Совсѣмъ иныя условія даны для сухопутныхъ животныхъ, которыя бѣгаютъ или ползаютъ по землѣ съ большей или меньшей скоростью,

Digitized by Google

смотря по природѣ ихъ мышцъ, но которыя въ концѣ концовъ всегда утилизируютъ свою мышечную силу, вслѣдствіе полнаго сопротивленія точки опоры. Уже у рыбъ чувствуется необходимость быстроты въ движеніяхъ; вода, въ которой онѣ плаваютъ, представляетъ большее или меньшее сопротивленіе, смотря по скорости, съ которой отталкиваютъ ее хвостъ или плавники; оттого мышечныя движенія очень быстры у рыбъ; но они все-таки гораздо медленнѣе, чѣмъ у птицъ, которыя носятся въ средѣ, еще гораздо болѣе подвижной.

Столь быстрое развитіе движенія въ мышцахъ птицы будетъ понятно, если мы сохранимъ въ памяти, что движенія связаны съ химическими процессами, которые имѣютъ мѣсто въ самомъ веществѣ мышцы, и здѣсь порождаютъ, какъ и въ нашихъ машинахъ, теплоту и движеніе. Необходимо предположить, что эти процессы происходятъ и распространяются въ мышцахъ птицы легче, чѣмъ у всѣхъ другихъ животныхъ. Такъ, различные сорта пороха сгораютъ съ неодинаковой быстротой, и потому сообщаютъ различную скорость движенія летательнымъ снарядамъ.

Наконецъ *форма движенія* представляетъ у различныхъ видовъ птицъ особенности, на которыя мы указали. Въ главѣ VIII мы видѣли, какъ измѣняются размѣры грудныхъ мышцъ, смотря потому, должны ли взмахи крыльевъ быть очень сильными или очень обширными; мы не станемъ возвращаться къ этому предмету.

Форма тѣла птицы.—Всѣ занимавшіеся изученіемъ полета птицъ обращали вниманіе, и совершенно справедливо, на форму тѣла этихъ животныхъ, которая дѣлаетъ ихъ особенно пригодными для полета. Въ ней видѣли условія совершенной устойчивости въ воздушной

Digitized by Google

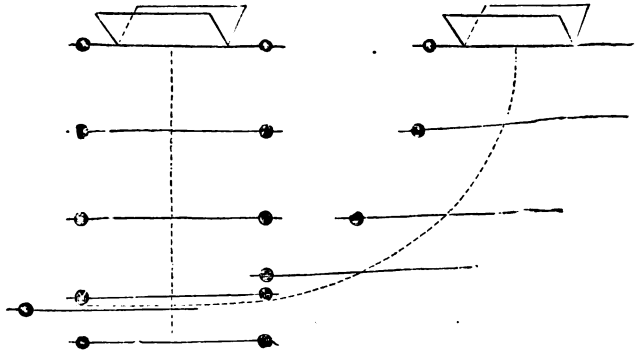
средѣ. Всѣ отлично поняли значеніе обширныхъ поверхностей, которыя образуютъ крылья, и могутъ то играть роль парашютовъ при медленномъ опусканіи, то скользить по воздуху и, смотря по наклону ихъ плоскости, давать птицѣ возможность спускаться подъ малымъ угломъ, и даже подниматься или парить при неподвижныхъ крыльяхъ. Нашлись и такіе наблюдатели, которые рѣшились утверждать, что многія птицы играютъ совершенно пассивную роль при полетахъ, и что, предоставивъ свои крылья на произволъ вѣтра, онѣ заимствовали у него силу, могущую двигать ихъ въ любомъ направленіи и даже противъ самаго же вѣтра. Намъ кажется необходимымъ разобрать въ нѣсколькихъ словахъ этотъ капитальный пунктъ теоріи полета.

Устойчивость птицы была уже вполнѣ разъяснена; намъ нечего прибавлять къ тому, что уже было сказано объ этомъ предметѣ. Мѣстомъ прикрѣпленія крыла служитъ наиболѣе высшая часть грудной клѣтки, и потому, когда развернутыя крылья находятъ точку опоры въ воздухѣ, вся тяжесть тѣла лежитъ ниже этой поверхности привѣса. Извѣстно, кромѣ того, что въ самомъ тѣлѣ органы, которые вѣсятъ всего меньше, легкія и воздушные мѣшки, находятся вверху; что кишечная масса, уже болѣе плотная, лежитъ ниже; наконецъ, что грудныя мышцы, столь массивныя и тяжелыя, занимаютъ нижнюю часть системы. Такимъ образомъ наиболѣе тяжелая масса лежитъ всего ниже подъ точкой привѣса.

Птица, которая опускается съ распростертыми крыльями, всегда обращена брюшной полостью книзу, не нуждаясь ни въ какихъ усиліяхъ для сохраненія равновѣсія; это положеніе она принимаетъ совершенно пассивно, какъ парашютъ, несущійся въ пространствѣ, или воланъ, падающій въ ракету.

Digitized by Google

Но вертикальное паденіе — случай исключительный. Спускающаяся птица, почти всегда находится подъ вліяніемъ предшествовавшей горизонтальной скорости; она поэтому скользитъ по воздуху въ косвенномъ направленіи, какъ всякое легкое тѣло съ широкой поверхностью, находящееся въ указанныхъ условіяхъ устойчивости. Ж. Плинъ весьма тщательно изучилъ различные виды скольженія, которые могутъ произойти при этомъ.



Фиг. 90. — Изображающая: слѣва—аппаратъ паренія, уравновѣшенный двумя равными тяжестями на концахъ проволоки, лежащей на днѣ двугранаго угла. Аппаратъ этотъ падаетъ отвѣсно, какъ видно изъ послѣдовательныхъ положеній проволоки съ двумя гирками.—Справа находится тотъ же аппаратъ, съ одной гиркой на проволокѣ. Паденіе имѣетъ форму параболы, какъ видно изъ точечной траекторіи.

Онъ даже воспроизвелъ ихъ съ помощью маленькихъ приборовъ, изображающихъ насѣкомыхъ и птицъ, летающихъ не двигая крыльями.

Возьмемъ квадратный кусочекъ бумаги и сложимъ его посрединѣ такъ, чтобы образовался весьма тупой двугранный уголъ (фиг. 90); на днѣ этого угла прикрѣпимъ воскомъ металлическую проволоку съ двумя гир-

Digitized by Google

ками, равными по вѣсу, на концахъ; мы получимъ систему, устойчивую въ воздухѣ. Если центръ тяжести проходитъ чрезъ самую средину фигуры, то этотъ аппаратъ, оставленный свободно въ воздухѣ, упадетъ отвѣсно, причемъ выпуклая сторона его угла будетъ обращена внизъ.

Если снять одну изъ гирекъ, перемѣщая этимъ центръ тяжести, то аппаратъ упадетъ не отвѣсно, но опишетъ кривую и будетъ скользить по воздуху съ наростающей быстротой (фиг. 90, правая половина).

Путь, проходимый этимъ тѣломъ, будетъ лежать въ вертикальной плоскости, если обѣ половинки прибора вполнѣ симметричны; въ противномъ случаѣ онъ отклонится въ ту сторону, гдѣ аппаратъ, разрѣзывая воздухъ, встрѣчаетъ наибольшее сопротивленіе. Явленія эти, весьма понятныя, тожественны съ тѣми, которыя производитъ сопротивленіе руля въ ходѣ корабля. Направленіе можетъ быть и здѣсь отвѣснымъ, такъ что путь аппарата можетъ быть кривой, съ вогнутостью, обращенною внизъ или вверхъ, смотря по обстоятельствамъ.

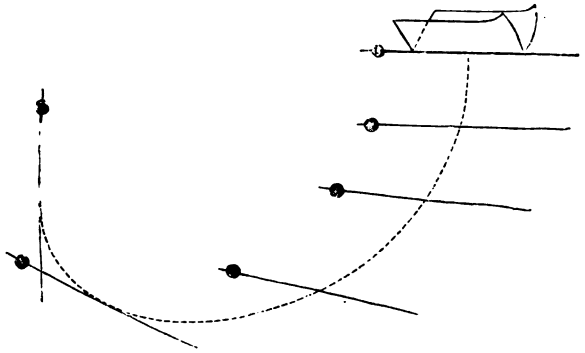
Всякое плоское тѣло, если оно изогнуто, стремится скользить по воздуху въ направленіи собственной кривизны.

Если мы загнемъ кверху задніе края боковыхъ плоскостей, то увидимъ, что, въ извѣстный моментъ своего наклоннаго паденія, аппаратъ поднимается противъ собственной тяжести вверхъ, но затѣмъ быстро теряетъ сообщенное ему движеніе (фиг. 91). Что же такое произошло?

Пока движущееся тѣло при своемъ паденіи имѣло небольшую скорость, вліяніе его изгиба оставалось мало замѣтнымъ, потому что воздухъ представляетъ сопротивленіе поверхностямъ только по мѣрѣ скорости, сооб-

Digitized by Google

щенной послѣднимъ. Когда же скорость значительно усилилась, то произошло рулевое дѣйствіе, которое приподняло верхній конецъ двигающагося тѣла и сообщило ему восходящее направленіе. Тогда тяжесть, бывшая ускоряющею силой для скольженія аппарата по воздуху, становится задерживательной силой; по мѣрѣ своего восхожденія, движущееся тѣло утрачиваетъ свою скорость и останавливается; затѣмъ начинается обратное движеніе и



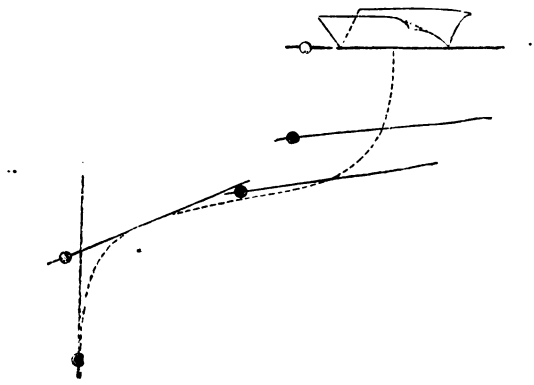
Фиг. 91. — Задніе края обѣихъ плоскостей двугранаго угла загнуты кверху. Послѣ параболическаго опусканія аппаратъ поднимается снова, какъ показываютъ точки траекторіи.

подъемъ по прежнему спуску; наконецъ, послѣ ряда послѣдовательныхъ качаній, аппаратъ падаетъ на землю.

Наконецъ, если придать заднимъ краямъ движущагося тѣла легкій изгибъ книзу, то замѣчаются противоположныя явленія; въ извѣстный моментъ путь искривляется круто внизъ и тѣло падаетъ на землю съ большою силой (фиг. 92) Въ этомъ второмъ случаѣ, въ то самое мгновеніе, какъ происходитъ рулевое дѣйствіе, новому направленію благопріятствуетъ тяжесть, ускоряющая паденіе, тогда какъ въ предыдущемъ случаѣ она замедляла восхожденіе.

Digitized by Google

Мы остановились на этихъ явленіяхъ, потому что они встрѣчаются часто въ полетѣ птицъ. Мы находимъ ихъ описанія въ старыхъ трактатахъ о соколиной охотѣ, разсматривающихъ эволюціи птицъ, дрессированныхъ для охоты. Оставляя въ сторонѣ болѣе древнія книги, мы встрѣчаемъ у Губера (1784 г.) описаніе этихъ криволинейныхъ движеній соколовъ, такъ называемыхъ *спусковъ (passades)*, состоявшихъ изъ косаго опусканія птицы съ



Фиг. 92. — Задніе края плоскостей двугранаго угла загнуты книзу. Послѣ параболическаго паденія тѣло опускается внизъ съ большою скоростью.

послѣдовательнымъ *подъемомъ* (*ressource*, отъ латинскаго *resurgere*). „Птица,—говоритъ Губеръ,—увлеченная собственной быстротой, упала бы на землю и разбилась, еслибы не пускала въ ходъ своей способности останавливаться на полномъ лету и нестись кверху достаточно высоко для того, чтобы имѣть возможность вновь опуститься. Движенія этого достаточно не только для того, чтобы остановить опусканіе, но и для того, чтобы под-

Digitized by Google

нять птицу, безъ всякихъ усилій съ ея стороны, на первоначальный уровень."

Авторъ, очевидно, преувеличиваетъ, когда говоритъ, что птица поднимается на высоту, на которой находилась сначала, безъ всякаго усилія; воздушное сопротивленіе должно уничтожить часть силы, пріобрѣтенной во время паденія и долженствующей превратиться во вторичное подниманіе. Тѣмъ не менѣе, цитата эта показываетъ, что наблюдателямъ было хорошо извѣстно явленіе *подъема* и что они видѣли въ немъ до нѣкоторой степени пассивный актъ, при которомъ птицѣ не приходится тратить мышечной силы.

Пареніе представляетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ большую аналогію съ описанными выше явленіями. Когда птица, напр. голубь, пролетитъ извѣстное пространство, взмахивая крыльями, она обыкновенно перестаетъ нѣсколько мгновеній двигать крыльями и скользитъ по воздуху или горизонтально или же опускаясь и поднимаясь. Нисходящее пареніе всего продолжительнѣе; и дѣйствительно, это не болѣе какъ паденіе, до крайности замедленное, но въ которомъ тяжесть поддерживаетъ движеніе, между тѣмъ какъ она замедляетъ его при горизонтальномъ или восходящемъ пареніи. Въ этихъ двухъ послѣднихъ формахъ крыло, направленное болѣе или менѣе косо, находитъ себѣ точку опоры въ воздухѣ, какъ дѣтская игрушка, называемая *бумажнымъ змѣемъ*. Разница только въ томъ, что змѣю скорость сообщается подергиваніемъ веревочки, когда воздухъ покоенъ, птица же пользуется при пареніи скоростью, пріобрѣтенной прежде путемъ косвеннаго паденія или же предварительныхъ ударовъ крыльями.

Мы говорили, что, по мнѣнію наблюдателей, нѣкоторые птицы, называемыя ими *парусниками*, могутъ держаться

Digitized by Google

и двигаться въ воздухѣ одной силой вѣтра. Теорія эта отличается большой парадоксальностью; нельзя въ самомъ дѣлѣ понять, какъ птица, неподвижная среди вѣтра, можетъ не быть увлечена токомъ воздуха.

Если при своихъ пареніяхъ или опусканіяхъ птица можетъ иногда нестись противъ вѣтра, то это лишь на мгновеніе; затѣмъ она уносится вѣтромъ съ усиленной быстротой.

Тѣмъ не менѣе теорія *паруснаго полета* нашла себѣ талантливыхъ защитниковъ, въ числѣ которыхъ наибольшаго вниманія заслуживаетъ графъ д'Эстерно, авторъ весьма замѣчательной брошюры о полетѣ птицъ.

Всякій, говоритъ упомянутый авторъ, можетъ легко наблюдать этотъ родъ полета у иныхъ птицъ; отрицать это, значитъ непризнавать очевиднаго факта.

Законы воздушнаго сопротивленія еще мало изучены, въ особенности что̀ касается разложенія этого сопротивленія, когда оно дѣйствуетъ противъ наклонныхъ плоскостей, лежащихъ подъ разными углами; потому мы не находимъ основанія возставать противъ теоріи паруснаго полета. Было бы слишкомъ смѣло безусловно опровергать мнѣнія наблюдателей, опираясь на теорію и знанія столь неопредѣленныя, какъ тѣ, коими мы обладаемъ въ настоящее время.

Отношеніе между поверхностью крыльевъ и вѣсомъ тѣла.—Одинъ изъ наиболѣе интересныхъ пунктовъ при изученіи строенія птицъ состоитъ въ опредѣленіи отношенія поверхности крыльевъ къ вѣсу тѣла. Существуетъ ли вообще постоянное отношеніе между вѣсомъ тѣла и размѣрами крыльевъ? Вопросъ этотъ былъ источникомъ многихъ споровъ.

Мы уже знаемъ, что при сравненіи птицъ различныхъ видовъ, но одного вѣса, случается находить, что однѣ имѣютъ крылья вдвое, втрое и даже вчетверо больше

Digitized by Google

другихъ. Птицы съ бо́льшими крыльями отличаются по преимуществу парящимъ полетомъ и ихъ то назвали парусниками; наоборотъ, птицы съ короткими или узкими крыльями чаще придерживаются *гребнаго полета*.

Если сравнивать между собою двухъ птицъ гребцовъ или двухъ парусниковъ, и если притомъ, для болѣе точнаго сравненія выбрать ихъ изъ одного семейства, такъ чтобы вся разница ограничивалась ростомъ, то можно будетъ найти довольно постоянное отношеніе между вѣсомъ этихъ птицъ и размѣрами ихъ крыльевъ. Только въ основѣ этой оцѣнки должны лежать нѣкоторыя соображенія, долго ускользавшія объ естествоиспытателей.

Де-Люси изучалъ отношеніе между поверхностью крыльевъ и вѣсомъ тѣла всѣхъ летающихъ животныхъ. Для того же, чтобы установить одну общую единицу сравненія для животныхъ, столь разнообразныхъ по виду и росту, онъ сводилъ всѣ полученныя цифры къ идеальному типу, вѣсъ коего равнялся постоянно 1 килограмму. Такъ, найдя, что комаръ, который вѣситъ 3 миллиграмма, имѣетъ крылья въ 30 кв. миллиметровъ поверхности, онъ заключилъ, что въ типѣ комара килограммовъ вѣса животнаго поддерживается крыловой поверхностью въ 10 кв. метровъ.

Составивъ сравнительную таблицу размѣровъ, полученныхъ на большомъ числѣ животныхъ, де-Люси пришелъ къ слѣдующимъ цифрамъ:

Виды.	Вѣсъ животнаго.	Поверхность крыльевъ.	Поверхность для 1 килограмма.
Комаръ	3 миллигр.	30 кв. мм.	10 кв. м.
Мотылекъ	20 центигр.	1663 кв. мм.	$8^1/_2$ кв. м.
Голубь	290 грамм.	750 кв. цм.	2586 кв. цм.
Аистъ	2265 грамм.	4506 кв. цм.	1988 кв. цм.
Журавль австрійскій	9500 грамм.	8543 кв. цм.	899 кв. цм.

Digitized by Google

Выводъ изъ этихъ цифръ поразителенъ: именно оказывается, что животныя крупныя и тяжелыя поддерживаются въ воздухѣ поверхностью крыльевъ гораздо меньшею, нежели мелкія животныя.

Такой результатъ показываетъ уже, что роль крыла при полетѣ не имѣетъ чисто пассивнаго характера; парусъ или парашютъ должны всегда имѣть поверхность пропорціональную тяжести, которую они несутъ. Если же смотрѣть на крыло съ настоящей точки зрѣнія, т. е. какъ на органъ, который долженъ ударять по воздуху, то крыло, какъ мы убѣдимся впослѣдствіи дѣйствительно должно представлять поверхность сравнительно меньшую у птицъ крупныхъ и тяжелыхъ.

Удивленіе, возбуждаемое результатами де-Люси, исчезнетъ, если мы припомнимъ, что существуетъ геометрическій законъ, въ силу котораго поверхность крыльевъ не можетъ наростать пропорціонально вѣсу птицы. Возьмемъ въ самомъ дѣлѣ два предмета одинаковой формы, напр. два куба, изъ коихъ одинъ вдвое больше другаго (въ діаметрѣ), тогда каждая изъ сторонъ большаго куба будетъ вчетверо больше каждой стороны маленькаго; наконецъ вѣсъ большаго куба будетъ въ восемь разъ больше вѣса маленькаго. Такъ, для всѣхъ подобныхъ плотныхъ геометрическихъ тѣлъ, при извѣстномъ отношеніи линейныхъ размѣровъ, поверхности будутъ наростать какъ квадраты, а вѣса какъ кубы этого отношенія. Двѣ птицы, подобныя по формѣ, но изъ которыхъ ширина распростертыхъ крыльевъ у одной вдвое больше противъ другой, будутъ имѣть поверхности крыльевъ въ отношеніи 1 : 4, а вѣса въ отношеніи 1 : 8.

Докторъ Гюро де-Вильнёвъ, опираясь на эти соображенія старался опредѣлить крыловую поверхность, способную поддерживать летучую мышь, равную по вѣсу человѣческому

Digitized by Google

тѣлу; онъ нашелъ, что каждое крыло не имѣло бы 3 метровъ длины.

Въ замѣчательномъ изслѣдованіи надъ сравнительнымъ протяженіемъ крыльевъ и относительнымъ вѣсомъ грудныхъ мышцъ у различныхъ летающихъ позвоночныхъ, Гартингсъ показалъ, что въ ряду птицъ можно установить извѣстное отношеніе между поверхностью крыльевъ и вѣсомъ тѣла. Нужно только сравнивать между собою величины соизмѣримыя, т. е. длину крыльевъ, квадратные корни ихъ поверхностей и кубическіе корни вѣса различныхъ птицъ.

Пусть будутъ: l длина крыльевъ; a ихъ поверхность и p вѣсъ тѣла; тогда можно будетъ сравнивать между собою l, $\sqrt{a}$, $\sqrt[3]{p}$.

При изученіи различныхъ типовъ птицъ, Гартингсъ производилъ измѣренія и взвѣшиванія, изъ которыхъ получилась слѣдующая таблица:

Названіе вида.	Вѣсъ. p	Поверхность. a	Отношенія. $\frac{\sqrt{a}}{\sqrt[3]{p}}$
1. Larus argentatus . . .	565,0	541	2,82
3. Anas nyroca	508,0	321	2,26
3. Fulica atra	495,0	262	2,05
4. Anas crecca.	275,5	144	1,84
5. Larus ridibundus. . .	197,0	331	3,13
6. Machetes pugnax . . .	190,0	164	2,23
7. Rallus aquaticus . . .	170,5	101	1,81
8. Turdus pilaris	103,4	101	2,14
9. Turdus merula	88,8	106	2,31
10. Sturnus vulgaris . . .	86,4	85	2,09
11. Bombicilla garrula . .	60,0	44	1,69
12. Alauda arvensis . .	32,2	75	2,69
13. Parus major	14,5	31	2,29
14. Fringilla spinus . . .	10,1	25	2,23
15. Parus caeruleus . . .	9,1	24	2,34

Къ этой таблицѣ Гартингса мы прибавимъ другую,

Digitized by Google

составленную нами по тому же методу. Всѣ измѣренія произведены на птицахъ, убитыхъ изъ ружья, и нѣсколько мгновеній послѣ смерти. Мы брали поверхность обоихъ крыльевъ, а не одного, какъ у Гартингса; видоизмѣненіе это, показавшееся намъ необходимымъ, составляетъ главную причину различій, которыя читатель найдетъ между цифрами нашими и голландскаго физіолога. Для того, чтобы можно было сравнивать обѣ таблицы, нужно удвоивать въ таблицѣ Гартинса цифру, выражающую отношеніе $\frac{\sqrt{a}}{\sqrt[3]{p}}$.

Названіе вида.	Вѣсъ p.	Поверхн. крыльевъ $2a$.	Отнош. $\frac{\sqrt{2a}}{\sqrt[3]{p}}$
	гр.	к. ц.	
Vultur	1663,94	3131	4,722
Vultur cinereus	1635,00	3233	4,929
Falco tinnunculus	128,94	642	5,015
Falco tinnunc. min.	147,36	546	4,424
Falco Kobek	282,44	970	4,747
Falco sublatio ?	509,62	1684	5,138
Falco palustris	208,76	1188	5,810
Falco milvus	620,14	1904	5,117
Strix passerina	122,80	394	3,993
id.	128,94	442	4,162
Saxicola oenanthe	56,05	125	2,922
Alauda cristata	36,80	202	4,273
Corvus cornix	374,54	1156	4,717
Upupa epops	49,12	329	4,952
Merops apiaster	18,30	117	4,105
Alcedo ispida	82,89	270	3,769
Alcedo afra ?	85,96	288	3,885
Columba vinacea	112,00	292	3,545
Vanellus spinosus	159,64	636	4,649
Glareola	95,17	343	4,056
Buteo vulgaris	785,00	1651	4,405
Perdix cinerea	280,00	320	2,734
Sturnus vulgaris	78,00	202	3,326
Corvus pica	212,00	540	3,906
id.	275,00	690	4,039
Hirundo urbica	18,00	120	4,180
Turdus merula	94,00	230	3,335

Digitized by Google

Уклоненія, замѣчаемыя въ отношеніи вѣса тѣла къ поверхности крыльевъ у различныхъ видовъ птицъ, безъ сомнѣнія зависятъ въ значительной степени отъ формы крыльевъ. И дѣйствительно, далеко не все равно, имѣетъ ли поверхность, ударяющая воздухъ, свой *maximum* у самаго тѣла или на своемъ концѣ: двѣ точки эти имѣютъ совершенно различныя скорости. Для одинаковаго протяженія поверхности сопротивленіе будетъ слѣдовательно больше у конца крыла, нежели у его основанія. Отсюда слѣдуетъ, что двѣ птицы съ неодинаковыми поверхностями крыльевъ могутъ найти въ воздухѣ равное сопротивленіе, если эти поверхности распредѣлены различно.

Съ другой стороны, вѣсъ грудныхъ мышцъ находится въ простомъ отношеніи къ общему вѣсу птицы; и, несмотря на уклоненія, соотвѣтствующія различнымъ степенямъ приспособленности къ полету у различныхъ видовъ, мы видимъ, что онъ у большинства птицъ равенъ приблизительно $^1/_6$.

Вообще, каждое животное, держащееся на воздухѣ, должно развивать работу, соотвѣтствующую его вѣсу; для этого ему нужны и соотвѣтствующія мышечныя массы. Въ самомъ дѣлѣ, если процессы, совершающіеся въ мышцахъ у птицъ, всегда однородны, то какъ самые процессы, такъ и работа, вытекающая изъ нихъ, должны быть пропорціональны мышечной массѣ.

Но чѣмъ же объяснить, что крылья, поверхность которыхъ измѣняется какъ квадратъ линейныхъ размѣровъ птицы, могутъ быть достаточны для передвиженія тяжестей, измѣняющихся какъ кубы этихъ размѣровъ?

Можно доказать, что еслибы взмахи крыльевъ имѣли одну и ту же частоту у большихъ птицъ, какъ и у малыхъ, то скорость каждаго удара увеличилась бы на-

Digitized by Google

равнѣ съ ростомъ птицы; а такъ какъ, далѣе, воздушное сопротивленіе наростаетъ для каждаго элемента поверхности крыла какъ квадраты скоростей этого органа, то отсюда проистекало бы, съ точки зрѣнія работы, произведенной въ воздухѣ, большое преимущество для крупныхъ птицъ.

Изъ сказаннаго слѣдуетъ, что крупныя птицы, для того, чтобы держаться въ воздухѣ, не должны дѣлать такихъ частыхъ взмаховъ какъ мелкія птицы.

Наблюдателямъ до сихъ поръ не удалось еще опредѣлить число ударовъ крыльевъ съ надлежащей точностью для рѣшенія вопроса, представляетъ ли частота взмаховъ точное обратное отношеніе къ росту птицы. Легко впрочемъ видѣть, что именно въ этомъ смыслѣ измѣняется частота взмаховъ у птицъ различной величины.

Digitized by Google

ГЛАВА IV.

ДВИЖЕНІЯ ПТИЧЬЯГО КРЫЛА ПРИ ПОЛЕТѢ.

Частота движеній крыла. — Сравнительная продолжительность подниманія и опусканія. — Электрическій методъ. — Міографическій методъ. — Траекторія птичьяго крыла во время полета. — Устройство аппаратовъ, записывающихъ это движеніе. — Опытъ. — Эллиптическая фигура пути верхушки крыла.

Изъ нашего общаго обзора строенія птицы и заключеній, которыя оно допускаетъ, читатель уже долженъ былъ видѣть, что много гипотезъ ожидаютъ еще опытнаго рѣшенія. На этомъ основаніи мы спѣшимъ приложить къ птичьему полету методъ, служившій намъ уже для анализа другихъ способовъ локомоціи.

Частота взмаховъ крыла. Графическій методъ, который былъ такъ удобенъ для прямаго опредѣленія частоты взмаховъ крыла у насѣкомыхъ, не можетъ быть приложенъ къ птицѣ при тѣхъ же условіяхъ. Необходимо установить передачу знаковъ между летающей птицой и записывающимъ аппаратомъ. Передъ нами снова открывается задача, аналогичная той, которую мы разрѣшили для передвиженій по землѣ, когда мы записы-

Digitized by Google

вали частоту и относительную продолжительность опираній конечностей о почву. Здѣсь намъ предстоитъ опредѣлить продолжительность опираній крыла о воздухъ и продолжительность періодовъ его подниманія.

Электрическій методъ. Мы пользовались съ самаго начала электрическимъ телеграфнымъ приборомъ.

Опытъ состоитъ въ томъ, что къ концу крыла прикрѣпляется аппаратъ, который при каждомъ изъ попеременныхъ движеній, падающихъ на него, размыкаетъ или замыкаетъ электрическую цѣпь. Въ цѣпь эту помѣщенъ электромагнитный аппаратъ, который пишетъ на вертящемся цилиндрѣ. Фиг. 94 показываетъ этотъ родъ телеграфнаго прибора, приспособленнаго къ изученію голубинаго полета, вмѣстѣ съ другимъ способомъ передачи сигналовъ, который будетъ изложенъ ниже. Въ этой фигурѣ обѣ электрическія проволоки разомкнуты.

Пишущее остріе будетъ чертить зубчатую линію, гдѣ каждое измѣненіе уровня будетъ соотвѣтствовать измѣненію въ направленіи движенія крыла. Для того, чтобы птица могла летать по возможности свободно, она соединена съ телеграфнымъ приборомъ тонкимъ и гибкимъ шнуркомъ, заключающимъ въ себѣ двѣ проводящія проволоки. Обѣ проволоки эти прикрѣплены къ весьма легкому маленькому снаряду, который отъ дѣйствія воздушнаго сопротивленія производитъ клапанообразныя движенія. При опусканіи крыла клапанъ раскрывается, токъ прерванъ и линія телеграфнаго чертежа начинаетъ подниматься. При подниманіи крыла клапанъ закрывается, токъ тоже замыкается и телеграфный чертежъ идетъ книзу.

Въ примѣненіи къ различнымъ видамъ птицъ аппаратъ этотъ позволяетъ опредѣлить быстроту, свойственную движеніямъ каждаго изъ нихъ. Число изученныхъ

Digitized by Google

нами видовъ еще очень ограничено; вотъ полученныя цифры:

	Взмахи крыла въ секунду времени.
Воробей	13
Дикая утка	9
Голубь.	8
Лунь	$5^3/_4$
Сова	5
Сарычь	3

Частота взмаховъ видоизмѣняется, впрочемъ, смотря потому, начинаетъ ли птица летать, находится ли на полномъ лету или собирается остановиться. Нѣкоторыя птицы, какъ мы уже знаемъ, по временамъ пріостанавливаютъ движенія своихъ крыльевъ и скользятъ по воздуху, пользуясь пріобрѣтенной скоростью.

Сравнительная продолжительность опусканія и подниманія крыла. Въ противоположность мнѣнію, высказанному нѣкоторыми авторами, продолжительность опусканія крыла вообще больше подниманія. Неравенство этихъ двухъ временъ всего рѣзче у птицъ, которыя отличаются большой поверхностью крыльевъ и рѣдкими взмахами. Такимъ образомъ продолжительность опусканія и подниманія почти одинакова у утки, имѣющей узкія крылья, и далеко не одинакова у голубя, а тѣмъ болѣе у сарыча. Приводимъ цифры, данныя нашими опытами.

	Общая продолжительность одного взмаха крыла.	Подниманіе.	Опусканіе.
Утка . . .	$11^2/_3$ сотыхъ секунды	5	$6^2/_3$
Голубь . . .	$12^1/_2$ » »	4	$8^1/_2$
Сарычь. . .	$32^1/_2$ » »	$12^1/_2$	20

Опредѣлить въ точности мгновеніе, когда направленіе линіи, начертанной телеграфомъ, начинаетъ измѣняться,

Digitized by Google

труднѣе, чѣмъ можно было ожидать. Притяженія и отталкиванія мягкаго желѣза требуютъ времени, которое становится не безразличнымъ при той скорости оборотовъ закопченнаго цилиндра, какая необходима для измѣренія, тѣхъ быстрыхъ движеній, которыя мы намѣрены анализировать. Изгибы линіи, начертанной телеграфнымъ приборомъ, превращаются при этомъ въ кривыя, точное происхожденіе которыхъ довольно трудно открыть. Существуетъ, поэтому, предѣлъ для точности измѣреній съ помощью электрическаго метода; но во всякомъ случаѣ можно опредѣлить этимъ путемъ продолжительность движенія съ совершенно достаточной точностью.

Міографическій методъ. Мы видѣли, что сокращеніе мышцы сопровождается утолщеніемъ, которое слѣдуетъ за всѣми фазами сокращенія.

Укорачиваніе мышцы, быстрое или медленное, слабое или энергическое, будетъ слѣдовательно всегда сопровождаться утолщеніемъ, которое будетъ отличаться тѣми же особенностями быстроты или силы. При всякомъ опусканіи крыла у птицы *большая грудная мышца* должна поэтому претерпѣвать утолщеніе, которое будетъ передаваться записывающему аппарату.

Для этой цѣли мы обращаемся къ аппаратамъ, уже служившимъ намъ въ человѣческой локомоціи для опредѣленій того же рода. При помощи легкихъ видоизмѣненій они могутъ быть приспособлены къ воспринятію поперемѣнныхъ фазъ уплотненія и разслабленія большой грудной мышцы.

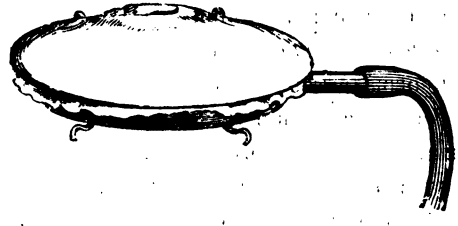
Птица летаетъ въ пространствѣ 15 квадр. метровъ, при 8 метрахъ вышины. Записывающіе приборы поставлены въ центрѣ залы, гдѣ производится опытъ; поэтому достаточно 12 метровъ каучуковой трубки для постояннаго сообщенія между птицей и этими приборами

Digitized by Google

На голубя надѣтъ родъ корсета (см. фиг. 94); подъ этимъ корсетомъ, между крѣпко натянутой тканью его и грудными мышцами, помѣщается маленькій снарядъ, предназначенный для воспринятія утолщеній мышцъ и имѣющій слѣдующую форму.

Маленькая металлическая чашечка (фиг. 93), съ проволочной пружиной внутри, покрыта каучуковою перепонкою и сообщается съ передающей трубкою.

Всякое давленіе на каучуковую перепонку углубляетъ ее, заставляя пружину уступать; воздухъ вытѣсняется



Фиг. 93.—Снарядъ для опредѣленія сокращенія грудныхъ мышцъ у птицы. Верхняя выпуклая поверхность состоитъ изъ каучуковой пластинки, приподнимаемой проволочною пружиной; она то и прикладывается къ мышцамъ. Нижняя поверхность, соприкасающаяся съ корсетомъ, снабжена четырьмя маленькими крючками, которые входятъ въ ткань и укрѣпляютъ снарядъ неподвижно.

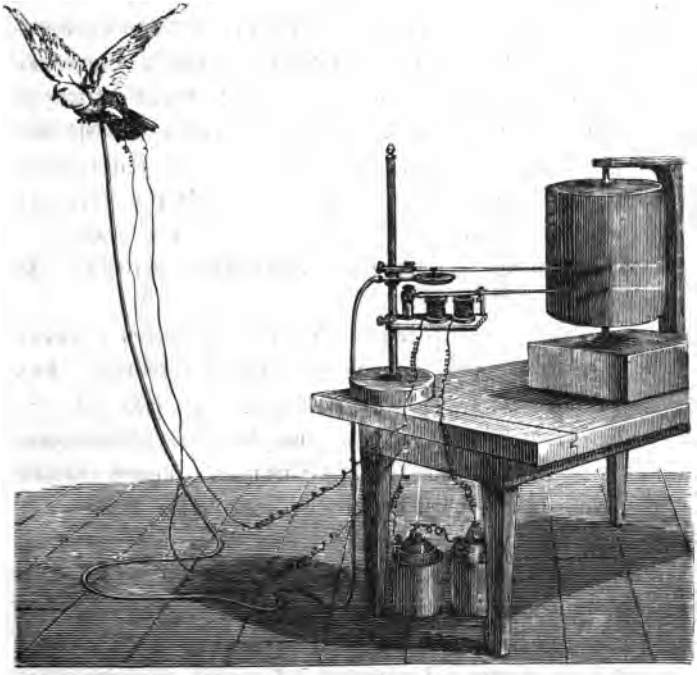
изъ чашечки и выходитъ черезъ трубку. Если давленіе прекращается, воздухъ снова поступаетъ въ чашечку, благодаря эластичности пружины, поднимающей перепонку. Въ трубкѣ устанавливается такимъ образомъ постоянное нагнетаніе и присасываніе, и движеніе воздуха даетъ знать записывающему снаряду о большемъ или меньшемъ давленіи, претерпѣваемомъ перепонкою чашечки.

Записывающій снарядъ есть уже извѣстный читателю барабанъ съ рычагомъ. Онъ даетъ поднимающуюся кри-

Digitized by Google

вую во время періода мышечнаго сокращенія и опускающуюся кривую въ періодъ мышечнаго разслабленія.

Фиг. 94 изображаетъ общее расположеніе опыта, при которомъ электрическій телеграфъ и передача черезъ посредство воздуха соединены вмѣстѣ.



Фиг. 94.—Опытъ для одновременнаго опредѣленія, съ помощью электрическаго и міографическаго методовъ, частоты движеній крыла и относительной продолжительности временъ подниманія и опусканія.

Мы видимъ голубя въ корсетѣ, подъ которымъ укрѣпленъ каучуковый снарядъ для опредѣленія состоянія грудныхъ мышцъ. Соединительная трубка примыкаетъ

Digitized by Google

къ записывающему аппарату, который пишетъ на вертящемся цилиндрѣ.

На концѣ крыла голубя помѣщается приборъ, который размыкаетъ или замыкаетъ электрическій токъ, смотря по тому, поднимается или опускается крыло. Обѣ проволоки цѣпи изображены отдѣльно на рисункѣ; на пути ихъ можно видѣть два элемента Бунзеновской батареи и электро-магнитъ, который снабженъ рычагомъ и записываетъ телеграфные сигналы крыловыхъ движеній.

Опытъ. — Птицу выпускаютъ въ одномъ концѣ комнаты и ставятъ клѣтку, въ которой она обыкновенно живетъ, съ противоположнаго конца. Птица улетаетъ по направленію къ своему жилью и садится здѣсь отдыхать. Во время ея полета получаются чертежи, изображенные на фиг. 95.

Мы видимъ, что чертежъ бываетъ различенъ, смотря по виду птицы, надъ которой производится опытъ. Тѣмъ не менѣе на каждомъ изъ чертежей II, III, IV, V, легко замѣтить періодическое возвращеніе двухъ движеній a и b, повторяющихся при каждомъ оборотѣ крыла.

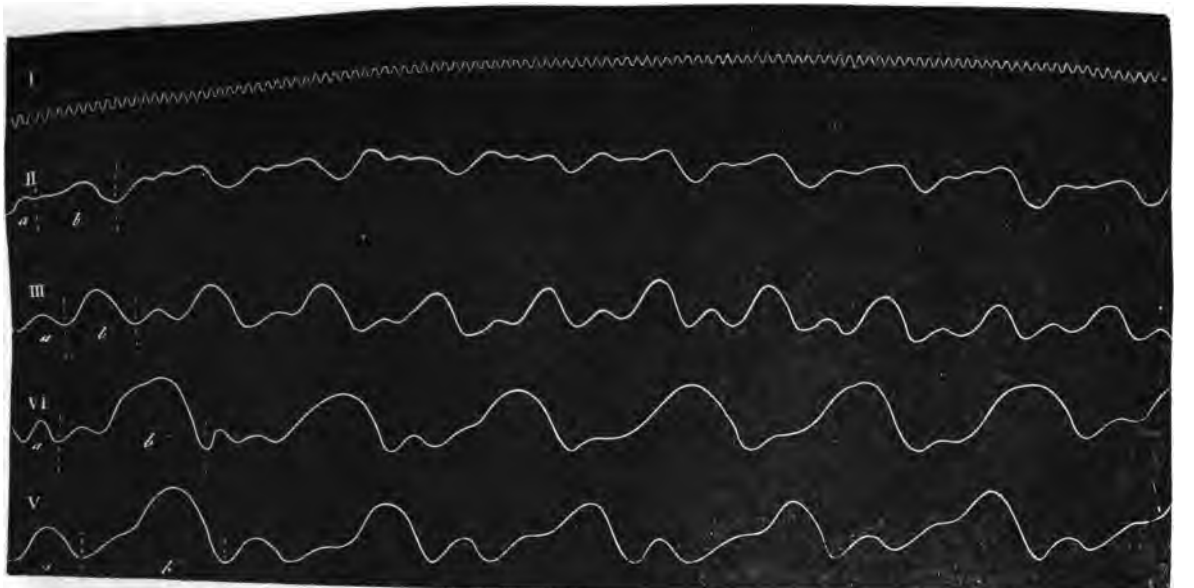
Чѣмъ обусловливаются эти два мышечные акта?

Легко видѣть, что волна a соотвѣтствуетъ сокращенію мышцы, поднимающей крыло; а волна b сокращенію мышцы, опускающей крыло.

Можно доказать это, вопервыхъ, если рядомъ съ чертежемъ мышечныхъ сокращеній составить чертежъ поднманій и опусканій крыла, передаваемыхъ электричествомъ. Эти два чертежа, поставленные другъ возлѣ друга, показываютъ, что время подниманія крыла соотвѣтствуетъ продолжительности волны a, а время опусканія крыла совпадаетъ съ волною b.

Происхожденіе волнъ a и b во всѣхъ мышечныхъ чертежахъ птицъ становится такимъ образомъ понятнымъ.

Digitized by Google



Фиг. 95.—Міографическіе чертежи грудныхъ мышцъ, полученные на различныхъ птицахъ во время полета.—**Лин. I** представляетъ чертежъ камертона-хронографа, назначеннаго для измѣренія абсолютной продолжительности каждаго мышечнаго движенія; камертонъ дѣлаетъ 60 колебаній въ секунду.—Линія II, чертежъ голубиныхъ мышцъ; чертежъ полученъ при условіяхъ, представленныхъ на фиг. 94. — Линія III, чертежъ дикой утки. — Лин. IV, чертежъ луня. — Линія V, чертежъ сарыча.

Digitized by Google

Фиг. 96. — Показывающая различія размаха и частоты движеній крыла голубя во время перелёта въ 15 метровъ. Слѣва видны размашистыя движенія, характеризующія начало полета. (Чертежъ взятъ съ цилиндра, вертѣвшагося съ незначительной быстротой, что позволяетъ собрать большое число движеній на незначительномъ пространствѣ).

Въ самомъ дѣлѣ, на уровнѣ съ изслѣдуемой областью и возлѣ грудной кости лежатъ двѣ различныя мышечныя плоскости; наиболѣе поверхностная образована большою грудною мышцей, опускающей крыло; болѣе глубокая — среднею грудною мышцей, поднимающей крыло, сухожиліе которой проходитъ позади развилины грудной кости и прикрѣпляется къ головкѣ плечевой кости. Обѣ мышцы эти должны при своемъ утолщеніи оказывать извѣстное дѣйствіе на снарядъ, лежащій надъ ними. Подниматель крыла, утолщающійся при своемъ сокращеніи, выражаетъ свою дѣятельность волною *a*; большая же грудная мышца даетъ знать объ опусканіи крыла волною *b*.

Можно еще провѣрить точность этого объясненія съ помощью весьма простаго опыта. Анатомія учитъ, что мышца, поднимающая крыло, узка и покрыта опускающей мышцей только съ внутренней стороны, лежащей по

Digitized by Google

длинѣ гребня грудной кости. Отсюда, если мы перемѣстимъ маленькій снарядъ, изслѣдующій движеніе этихъ мышцъ, далѣе кнаружи, то онъ займетъ область, гдѣ опускатель крыла уже не лежитъ на поднимателѣ; тогда получится чертежъ съ одной простой волной, той, которая соотвѣтствуетъ волнѣ *b* въ кривыхъ фиг. 95.

Итакъ, можно считать вполнѣ доказаннымъ, что волны *a* и *b* въ мышечныхъ чертежахъ птицъ, надъ которыми производились опыты, соотвѣтствуютъ въ точности дѣйствію главныхъ мышцъ, поднимающихъ или опускающихъ крыло. Не слѣдуетъ однако придавать формѣ этихъ чертежей слишкомъ большаго значенія, и выводить изъ нея заключеній о дѣйствительномъ характерѣ движеній, производимыхъ мышцею. Движенія эти, повидимому, на самомъ дѣлѣ заходятъ другъ за друга, такъ что разслабленіе поднимателя крыла по всей вѣроятности еще неокончено, когда опускающая мышца уже начинаетъ сокращаться.

Будемъ съ самаго начала требовать отъ этихъ чертежей только тѣхъ указаній, которыя они прямо даютъ намъ; именно: опредѣленія числа оборотовъ крыла, большей или меньшей правильности этихъ движеній, равносильной или различной энергіи каждаго изъ нихъ.

При такихъ ограниченіяхъ, опытъ показываетъ, что взмахи крыльевъ у птицъ отличаются по размаху и частотѣ въ различные моменты полета.

При отлётѣ, взмахи бываютъ нѣсколько рѣже, но гораздо сильнѣе; послѣ двухъ или трехъ ударовъ крыльями, они достигаютъ, приблизительно, правильнаго ритма, который теряютъ вновь, когда птица намѣревается отдохнуть (фиг. 96).

Digitized by Google

Путь, описываемый птичьимъ крыломъ во время полета.

Мы имѣли уже случай видѣть, при изученіи механизма полета у насѣкомыхъ, что основнымъ опытомъ былъ тотъ, который указалъ путь верхушки крыла при каждомъ оборотѣ. Познаніе механизма полета вытекало, такъ сказать, естественнымъ образомъ изъ этого перваго понятія.

Опредѣленіе это оказывается стольже необходимымъ и при изученіи птичьяго полета; только оптическій методъ здѣсь не приложимъ. Дѣйствительно, движеніе птичьяго крыла, хотя и слишкомъ быстро для того, чтобы мы могли услѣдить за нимъ глазомъ, все-таки не достаточно быстро для образованія на сѣтчаткѣ, непрерывнаго образа, который показалъ бы весь путь крыла.

Графическій методъ съ передачей сигналовъ, которымъ мы пользовались до сихъ поръ, служитъ лишь выраженіемъ движеній, идущихъ по прямой линіи; таковы удлиненія и укорачиванія мышцы, вертикальныя или горизонтальныя колебанія тѣла во время ходьбы и т. д. Только съ помощью сопоставленія этого прямолинейнаго движенія съ однообразнымъ перемѣщеніемъ законченой поверхности, воспринимающей чертежъ, можно получить выраженіе скорости, съ которой происходитъ движеніе въ каждое данное мгновеніе.

Дѣятельность крыла во время полета не состоитъ въ однихъ поперемѣнныхъ подниманіяхъ и опусканіяхъ. Стоитъ взглянуть на птицу, пролетающую надъ нашей головой, чтобы замѣтить, что при каждомъ взмахѣ крыло двигается также спереди назадъ. Изъ этого двойнаго

Digitized by Google

движенія должна образоваться замкнутая кривая, которую необходимо записать.

Доказано геометрически, что каждая плоскостная фигура, т. е. фигура, могущая быть изображенной въ одной плоскости, можетъ произойти отъ прямоугольнаго сочетанія двухъ прямолинейныхъ движеній. Чертежи, которые получилъ Кёнигъ, прибавивъ пишущее остріе къ дрожащимъ пластинкамъ Уитстона, свѣтовыя фигуры музыкальныхъ аккордовъ, которыя получаетъ Лиссажу съ помощью отраженія пучка лучей отъ двухъ зеркалъ, колеблющихся перпендикулярно другъ къ другу,—представляютъ всѣмъ извѣстные примѣры образованія плоскостной фигуры посредствомъ двухъ прямолинейныхъ движеній, перпендикулярныхъ между собою.

Итакъ, мы допускаемъ возможность одновременной передачи движеній поднимания и опусканія, совершаемыхъ птичьимъ крыломъ, равно какъ и движеній крыла спереди назадъ и сзади напередъ, и предполагаемъ, что пишущее остріе способно получать одновременно толчекъ этихъ двухъ, перпендикулярныхъ между собою движеній; при такихъ условіяхъ остріе должно начертить на бумагѣ точную фигуру движеній птичьяго крыла.

Мы съ самаго начала старались примѣнить на дѣлѣ аппаратъ, способный передавать, такимъ образомъ, на разстояніи какое нибудь движеніе и записывать его на одной плоскости, оставляя пока въ сторонѣ вопросъ о томъ, какъ прикрѣпить къ птицѣ этотъ болѣе или менѣе тяжелый снарядъ. Фиг. 97 изображаетъ нашъ первый пробный снарядъ, описаніе котораго необходимо для того, чтобы легче понять устройство окончательной машины, съ которой мы вскорѣ познакомимся.

На двухъ крѣпкихъ ножкахъ, несущихъ отвѣсныя подставки, лежатъ два параллельныхъ между собою

Digitized by Google

стержня. Это два алюминіевые рычага, которые при посредствѣ передавательныхъ снарядовъ (о нихъ будетъ говорено ниже) должны оба дѣлать совершенно одинаковыя движенія. Каждый изъ рычаговъ укрѣпленъ на двойномъ сочлененіи, позволяющемъ ему двигаться во всѣ стороны; такимъ образомъ каждый рычагъ можетъ быть отклоненъ кверху, книзу, вправо и влѣво; онъ можетъ своимъ концомъ описывать основаніе конуса, верхушкой котораго будетъ сочлененіе. Словомъ, онъ можетъ производить всѣ движенія, которыя вздумаетъ сообщить ему экспериментаторъ.

Намъ необходимо установить передачу движеній отъ одного рычага къ другому, притомъ на разстояніи 10—15 метровъ. Это дѣлается съ помощью извѣстныхъ уже читателю барабановъ и воздушныхъ трубокъ.

Рычагъ, который на фиг. 97 изображенъ слѣва, сообщается съ перепонкою лежащаго подъ нимъ барабана посредствомъ отвѣснаго металлическаго стержня. При отвѣсныхъ движеніяхъ рычага перепонка барабана, которая поочередно поднимается и опускается, будетъ дѣйствовать на подобіе мѣховъ и передавать свои колебанія, черезъ длинную воздушную трубку, перепонкѣ подобнаго же барабана, принадлежащаго правому аппарату. Второй барабанъ этотъ, помѣщенный надъ соотвѣтствующимъ рычагомъ, будетъ съ точностью передавать всѣ отвѣсныя движенія, сообщенныя барабану № 1 (лѣвому). Движенія будутъ имѣть одинаковое направленіе въ обоихъ рычагахъ, благодаря обратному расположенію барабановъ. Представимъ себѣ, въ самомъ дѣлѣ, что рычагъ № 1 опускается; черезъ это вдавливается перепонка барабана, лежащаго подъ нимъ; воздухъ вытѣсняется и поднимаетъ перепонку барабана № 2, опуская въ тоже время рычагъ № 2. Наоборотъ,

Digitized by Google

подниманіе рычага № 1 произведетъ присасываніе воздуха, которое должно приподнять перепонку и рычагъ № 2.

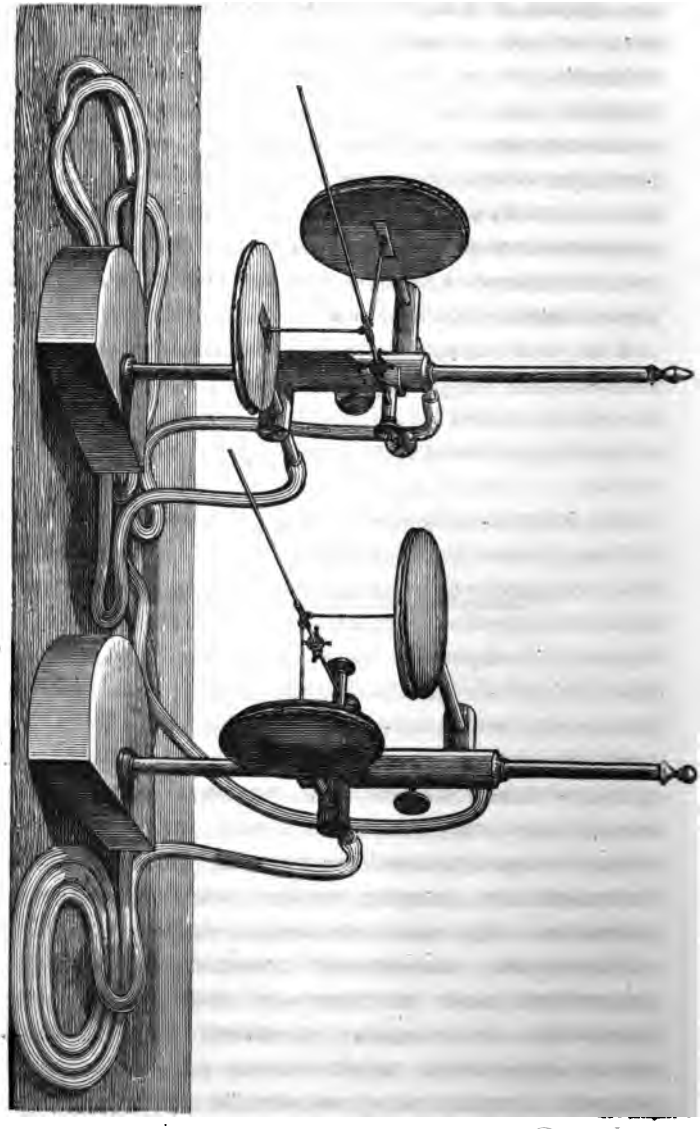
Слѣдуя тому же пріему для передачи движеній въ горизонтальной плоскости, помѣщаютъ по правую сторону одного изъ рычаговъ и по лѣвую другаго барабанъ, у котораго перепонка лежитъ въ вертикальной плоскости и воспринимаетъ боковыя движенія. Передача этихъ движеній, какъ и вертикальныхъ, происходитъ черезъ особую трубку.

Если, при такомъ устройствѣ аппарата, взять пальцами конецъ одного изъ рычаговъ и сообщить ему какое-нибудь движеніе, то можно будетъ видѣть, что второй рычагъ повторяетъ это движеніе со строгой точностью.

Вся разница ограничивается легкимъ уменьшеніемъ размаха движенія во второмъ рычагѣ. Это зависитъ отъ того, что воздухъ, заключенный въ каждой изъ системъ трубокъ и барабановъ, нѣсколько сдавливается и слѣдовательно не передаетъ всего полученнаго имъ движенія. Было бы легко устранить это неудобство, если это только неудобство, сдѣлавъ болѣе чувствительнымъ воспринимающій аппаратъ, перемѣщеніемъ сочлененія нѣсколько ближе къ точкѣ, гдѣ движеніе передается рычагу втораго аппарата. Но удобнѣе не искать слишкомъ большаго увеличенія движеній, когда предстоитъ записывать ихъ, потому что это усиливаетъ треніе и уменьшаетъ силу, необходимую для преодолѣванія его.

Убѣдившись, что передача любаго движенія вполнѣ удовлетворительна въ нашемъ аппаратѣ, мы занялись изысканіемъ средства для записыванія движеній на плоскости. Затрудненіе, встрѣтившееся уже намъ однажды, когда мы прикладывали графическій методъ къ изуче-

Digitized by Google

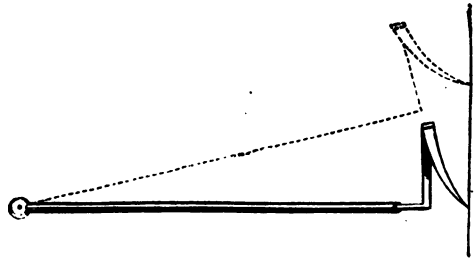


Фиг. 97. — Аппаратъ, передающій отдаленному записывающему рычагу всѣ движенія, сообщаемыя другому рычагу.

Digitized by Google

нію движеній крыла насѣкомаго, явилось здѣсь вновь на сцену. Но въ этомъ случаѣ не было возможности избѣжать его и удовлетвориться отрывочными чертежами.

Конецъ рычага № 2 описываетъ въ пространствѣ сферическую фигуру, которая не можетъ быть касательной иначе, какъ въ одной точкѣ къ закопченной поверхности, предназначенной для чертежа. Вслѣдствіе этого пришлось записывать проэкцію этой фигуры въ плоскости и расположить рычагъ такимъ образомъ, чтобы онъ, смотря по необходимости, могъ удлиняться или укорачи-



Фиг. 98. — Эластическое остріе, пишущее на закопченномъ стеклѣ.

ваться для соприкосновенія съ закопченнымъ стекломъ. Результатъ былъ достигнутъ съ помощью пружины, служащей пишущимъ снарядомъ.

Фиг. 98 показываетъ эту пружину на концѣ рычага. Она широка у основанія, чтобы имѣть возможность устоять противъ всякихъ боковыхъ отклоненій подъ вліяніемъ тренія; основаніе ея прикрѣплено къ отвѣсной алюминіевой пластинкѣ, которая снизу придѣлана къ рычагу. Благодаря такому устройству, кончикъ пружины, играющій роль острія, находится на продолженіи рычага, движенія котораго онъ долженъ записывать.

Digitized by Google

Предположимъ, что рычагъ поднимается и принимаетъ положеніе, указанное точечною линіей на фиг. 98; пробѣгая это пространство, рычагъ опишетъ дугу круга и верхушка его уже не будетъ лежать въ прежней плоскости; но, съ другой стороны, упругость пружины отнесетъ нѣсколько кпереди пишущее остріе, и послѣднее будетъ, слѣдовательно, оставаться по прежнему въ соприкосновеніи съ плоскостью, на которой должно чертить. Итакъ, рычагъ удлиняется или укорочивается, смотря по надобности, и кончикъ его находится постоянно въ соприкосновеніи съ плоскостью. Поверхность, на которой записываютъ, состоитъ изъ полированной стекляной пластинки, а пружина, замѣняющая остріе, такъ нѣжна, что давленіе ея на стекло почти не производитъ тренія.

Аппаратъ, расположенный такимъ образомъ, долженъ быть провѣренъ, для того, чтобы можно было убѣдиться, дѣйствительно ли точно передаются и записываются имъ движенія.

Для этой цѣли, вооруживъ оба рычага фиг. 97 сходными остріями, ставятъ концы послѣднихъ противъ закопченнаго стекла; затѣмъ рукою сообщаютъ одному рычагу какое-нибудь движеніе, пишутъ имъ, напр., свое имя, — второй рычагъ долженъ воспроизвести ту же самую фигуру, ту же самую подпись.

Обыкновенно случается, что передача не одинаково легка въ обоихъ направленіяхъ; это замѣтно по извращенію передаваемой фигуры, которая болѣе или менѣе удлинена или расширена. Недостатокъ этотъ легко исправить; онъ зависитъ отъ того, что перепонка одного изъ барабановъ натянута болѣе другой и менѣе чувствительна. При помощи ощупыванія удается весьма скоро придать одинаковую чувствительность обѣимъ пе-

Digitized by Google

репонкамъ, что узнаютъ, когда фигура, начерченная пер-

Фиг. 99. — Сарычь, летающій съ аппаратомъ, который записываетъ движенія верхушки его крыла.

вымъ рычагомъ, тожественна съ тою, которую чертитъ второй рычагъ.

Digitized by Google

Опытъ для графическаго опредѣленія пути крыла.— Вотъ приспособленія, позволяющія примѣнить эту передачу къ изученію движеній крыла летящей птицы.

Такъ какъ аппаратъ долженъ по необходимости быть тяжелымъ, то мы выбрали для опыта крупную птицу, взрослаго, большого сарыча. Съ помощью корсета, оставлявшаго крылья и лапы свободными, мы укрѣпили на спинѣ птицы дощечку изъ легкаго дерева, на которой помѣщался аппаратъ.

Для того, чтобы рычагъ слѣдовалъ въ точности за движеніями крыла, сочлененіе этого рычага должно было находиться въ соприкосновеніи съ плечевымъ сочлененіемъ сарыча. Но такъ какъ присутствіе барабановъ возлѣ рычага не допускало этого непосредственнаго соприкосновенія, то мы прибѣгли къ употребленію параллелограмма, передававшаго рычагу нашего аппарата движенія длиннаго стальнаго прута, центръ движенія котораго былъ весьма близокъ отъ сочлененія крыла. Наконецъ, съ цѣлью получить полную солидарность между движеніями прута и крыла нашей птицы, мы прикрѣпили къ ложному крылу, т. е. на кости запястья большого пальца, щипчики съ гайкой, плотно закрытые и снабженные кольцомъ, въ которомъ скользилъ стальной прутъ.

Фиг. 99 изображаетъ сарыча, летящаго съ описаннымъ аппаратомъ; подъ нимъ висятъ обѣ передаточныя трубки, идущія къ записывающему снаряду.

Послѣ многихъ безплодныхъ попытокъ и измѣненій въ устройствѣ аппарата, который, будучи слишкомъ хрупкимъ, ломался почти при каждомъ опытѣ, намъ удалось наконецъ получить удовлетворительные результаты. Во все продолженіе полета записывающій рычагъ чертилъ родъ эллипса. Эллипсъ этотъ, записанный на пластинкѣ,

Digitized by Google

передвигавшейся справа на лѣво, представленъ на фигурѣ 100.

Чтобы вполнѣ понять эту фигуру, нужно представить себѣ, что птица летитъ слѣва на право (въ направленіи чтенія чертежа) и концомъ своего лѣваго крыла третъ о стѣнку, закопченную сажей; слѣдъ, который при этихъ условіяхъ остался бы отъ прохожденія крыла, будетъ тожественнымъ съ чертежомъ фиг. 100.

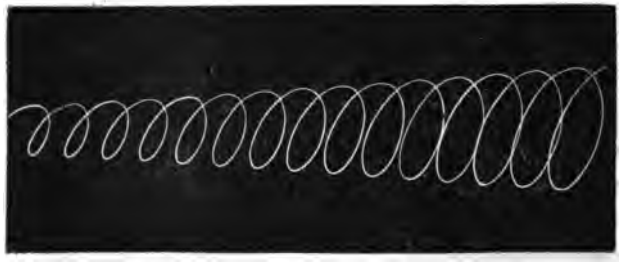
Фиг 100 — Эллиптическій путь верхушки птичьяго крыла.

Кривая эта есть дѣйствительно эллипсъ, развернутый передвиженіемъ пластинки, которая воспринимаетъ чертежъ. Независимо отъ нѣкотораго дрожанія черты, дрожанія, происходящаго отъ недостатковъ аппарата, траекторія птичьяго крыла можетъ быть вполнѣ сравнена съ чертежемъ, который дала бы при тѣхъ же условіяхъ Уэтстоновская пластинка, настроенная въ унисонъ и дающая эллиптическое колебаніе. Фиг. 101 представляетъ чертежъ такого рода.

Опредѣленіе пути крыла, съ различными фазами его скорости, до такой степени важно, что намъ казалось

Digitized by Google

необходимымъ провѣрить на нѣсколько ладовъ реальность этой эллиптической фигуры. Всѣ опыты дали согласные результаты; они показали, что птицы различныхъ видовъ описываютъ своими крыльями эллиптическій путь. Д'Эстерло опредѣлилъ уже форму этой траекторіи на основаніи своихъ наблюденій; онъ даже изобразилъ въ своемъ сочиненіи пройденный крыломъ эллипсъ; но только, по мнѣнію этого наблюдателя, большая ось эллипса направляется книзу и кзади, а это противорѣчитъ результату нашихъ опытовъ.



Фиг. 101. — Эллипсисъ, начертанный Уитстоновской пластинкой, настроенной въ унисонъ, когда она пишетъ на вертящемся цилиндрѣ.

Можно, кромѣ того, замѣтить неравенство размаха ударовъ крыла въ началѣ и въ концѣ фиг. 100. Это измѣненіе размаха согласуется съ тѣмъ, что мы уже имѣли случай замѣтить на фиг. 96. Здѣсь мы видимъ, что при началѣ полета птица дѣлаетъ болѣе сильные взмахи крыльями. И въ самомъ дѣлѣ, ей въ это время приходится дѣлать *maximum* работы для того, чтобы подняться надъ землей. Позднѣе ей только будетъ нужно сохранять разъ пріобрѣтенную высоту.

Digitized by Google

ГЛАВА V.

ИЗМѢНЕНІЯ ПЛОСКОСТИ ПТИЧЬЯГО КРЫЛА НА РАЗЛИЧНЫХЪ ТОЧКАХЪ ЕГО ПУТИ.

Новый способъ опредѣленія пути крыла. — Описаніе приборовъ. — Передача движенія посредствомъ тянущей нити. — Приводъ и привѣшивающій снарядъ для птицы: записывающій приборъ. — Опытъ надъ полетомъ голубя. — Анализъ кривыхъ. — Описаніе приборовъ, указывающихъ измѣненія плоскости крыла во время полета. — Отношеніе этихъ измѣненій плоскости къ прочимъ движеніямъ крыла.

Новый способъ опредѣленія пути крыла.

Одновременный анализъ измѣненій плоскости крыла и различныхъ фазъ его движенія представлялъ бы значительныя трудности, если бы мы не напали на новое устройство нашего аппарата, позволяющее изучать почти неопредѣленное число различныхъ движеній въ одно и то же время.

Этотъ упрощенный способъ состоитъ въ употребленіи нитокъ для передачи движеній какой-либо точки изслѣдующему аппарату, который, въ свою очередь, передаетъ

Digitized by Google

ихъ, обыкновенными способами, записывающему снаряду.

Описаніе приборовъ. — Фиг. 102 изображаетъ два барабана съ сопряженными рычагами, подобными тѣмъ, которые мы уже представили на фиг. 21. Рычагъ *L* принадлежитъ изслѣдующему аппарату, т. е. тому, на который непосредственно падаетъ изучаемое движеніе. Къ оправѣ этого перваго прибора придѣлана желѣзная проволока, отъ верхушки которой идетъ каучуковая нить F къ рычагу L. Отъ этого же рычага отходитъ шелковый снурочекъ CC, со свинцовой пулей на концѣ.

Предположимъ, что пуля занимаетъ самое низкое положеніе, т. е. находится въ A; въ такомъ случаѣ рычагъ L приметъ направленіе, означенное точечною линіею; между тѣмъ какъ въ записывающемъ аппаратѣ вытѣсняемый воздухъ приподниметъ рычагъ L', который и будетъ чертить движеніе.

Приподнимемъ затѣмъ пулю и поставимъ ее въ B; упругость каучуковой нити заставитъ рычагъ тотчасъ же подняться кверху.

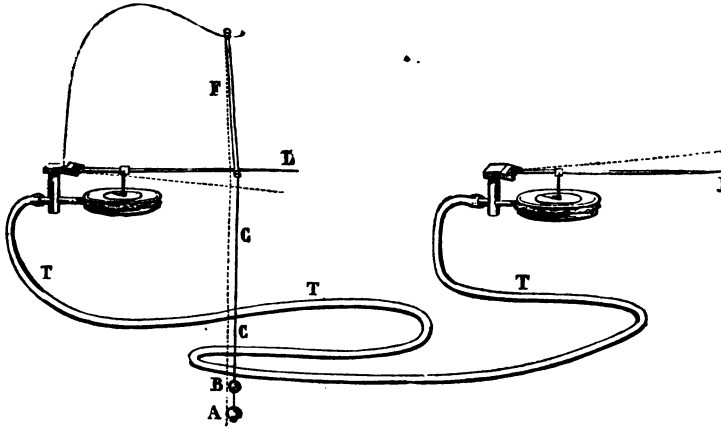
Итакъ, на рычагъ L дѣйствуютъ попеременно двѣ силы, именно, — тракція шелковаго шнурка, который опускаетъ его, натягивая каучукъ, и во-вторыхъ, укорачиваніе каучука, которое обнаруживается, лишь только перестаютъ натягивать нить. Рычагъ будетъ, поэтому, слѣдовать за всѣми движеніями, сообщенными шелковому снурку.

Рычагъ L', который долженъ чертить на цилиндрѣ передаваемыя ему движенія, дѣйствуетъ въ обратномъ направленіи къ движенію, сообщенному снурку CC. Чертежъ будетъ, слѣд., рисоваться въ обратномъ видѣ; и если почему бы то ни было нужно получить его въ прямомъ видѣ, то необходимо перевернуть записывающій

Digitized by Google

барабанъ такъ, чтобы перепонка его была обращена книзу [1]).

При помощи двухъ приборовъ этого рода, изъ которыхъ одинъ находится подъ вліяніемъ отвѣсныхъ тракцій нити, прикрѣпленной къ крылу птицы, другой же



Фиг. 102. — Передача движенія взадъ и впередъ посредствомъ тянущей нити.

слѣдуетъ горизонтальнымъ тракціямъ другой нити, тоже прикрѣпленной къ крылу, можно провѣрить опытъ, давшій намъ траекторію крыла, и получить съ гораздо большей точностью кривую его движеній. Мы и стремились къ этой цѣли и достигли ея съ полнымъ успѣхомъ, какъ увидимъ ниже.

---

[1]) Числу изучаемыхъ движеній должно соотвѣтствовать число аппаратовъ этого рода, но трехъ сопряженныхъ рычаговъ всегда будетъ достаточно для изученія движеній точки въ пространствѣ, потому что любое положеніе этой точки будетъ опредѣлено, когда извѣстно его отношеніе къ тремъ перпендикулярнымъ между собою осямъ.

Digitized by Google

Впрочемъ, мы имѣли въ виду не одну эту цѣль. Можно было, конечно, прикрѣпить къ птицѣ описанные нами выше снаряды и установить, посредствомъ трубокъ, сообщеніе между ними и записывающими приборами, какъ мы это дѣлали въ опытѣ, изображенномъ на фиг. 99-й. Но, стараясь усовершенствовать анализъ летательныхъ движеній, мы желали найти такое приспособленіе, которое годилось бы одинаково и для живой птицы, и для всякаго рода машины, предназначенной для искусственнаго воспроизведенія воздушной локомоціи.

Для нашего плана искусственнаго воспроизведенія летательныхъ движеній нужно было, такъ сказать, копировать природу въ ея функціи, какъ художникъ копируетъ ее въ ея внѣшней формѣ. Нужно было ускорить слишкомъ медленныя движенія, умѣрить слишкомъ быстрыя и сообщить имъ, наконецъ, всѣ отличительныя черты и всѣ механическіе эффекты, замѣчаемые въ движеніяхъ птицы.

Такое постоянное сравненіе требовало, чтобы мы поставили себя въ новыя условія. Въ самомъ дѣлѣ, до сихъ поръ мы изучали только полетъ птицы на свободѣ; но, пока намъ не удастся вполнѣ осуществить подражаніе полету механическимъ путемъ, мы не будемъ имѣть возможности предоставить искусственный аппаратъ самому себѣ: онъ сталъ бы ломаться при каждомъ опытѣ.

Сравненіе движеній птицы и искусственной *схемы* не требуетъ, чтобы движенія эти совершались при условіяхъ свободнаго полета. Нужно только, чтобы птица, даже стѣсненная въ своихъ движеніяхъ, махала крыльями, съ намѣреніемъ летать; при этомъ условіи мы будемъ имѣть возможность изучать ея мышечные акты со всѣми ихъ особенностями силы, протяженія и продолжительности Птицу, привѣшанную на снуркѣ и махающую крылья-

Digitized by Google

ми, можно, напримѣръ, сравнивать съ искусственнымъ аппаратомъ, привѣшеннымъ такимъ же образомъ.

Мы пытались пустить въ ходъ менѣе грубый способъ привѣшиванія, который съ одной стороны позволялъ бы птицѣ летать при условіяхъ, почти нормальныхъ, а съ другой—давалъ бы искусственнымъ аппаратамъ возможность производить летательныя движенія, не рискуя упасть, если эти движенія окажутся недостаточными для поддержки ихъ въ воздухѣ. Вотъ описаніе этого привѣшивающаго снаряда.

Мы устроили особый приводъ, 6—7 метровъ въ діаметрѣ, гдѣ птица движется безъ остановки въ круговомъ полетѣ, достаточно продолжительномъ для цѣлей наблюдателя. Радіусъ привода долженъ быть большой, для того, чтобы менѣе рѣзкая кривизна видоизмѣняла какъ можно меньше характеръ движеній птицы. Запряженная, такъ сказать, въ концѣ длиннаго рычага, вертящагося на центральной оси, птица должна имѣть, по возможности, полную свободу для отвѣсныхъ колебаній. Позднѣе мы увидимъ, что птица, летающая на свободѣ, производитъ при каждомъ взмахѣ крыла двойное колебаніе въ вертикальномъ направленіи.

Устройство привода.—Необходимо выполнить слѣдующія условія: во первыхъ, приводъ долженъ быть очень подвиженъ, для того, чтобы птицѣ, при ея перемѣщеніи, приходилось преодолѣвать возможно меньшія препятствія; во вторыхъ, рычаги нашей машины должны быть очень крѣпки для того, чтобы она не могла имѣть собственныхъ колебаній, способныхъ видоизмѣнить движенія птицы.

Фиг. 103 показываетъ общее расположеніе привода. Стальная ось, помѣщающаяся въ тяжелой чугунной подставкѣ, стоитъ на площадкѣ фотографическаго стола.

Digitized by Google

Столъ приподнимается посредствомъ зубчатой полосы, такъ что наблюдатель, расположивъ приборы, согласно требованіямъ опыта, можетъ установить подставку такъ, чтобы вся машина вертѣлась свободно надъ его головой.

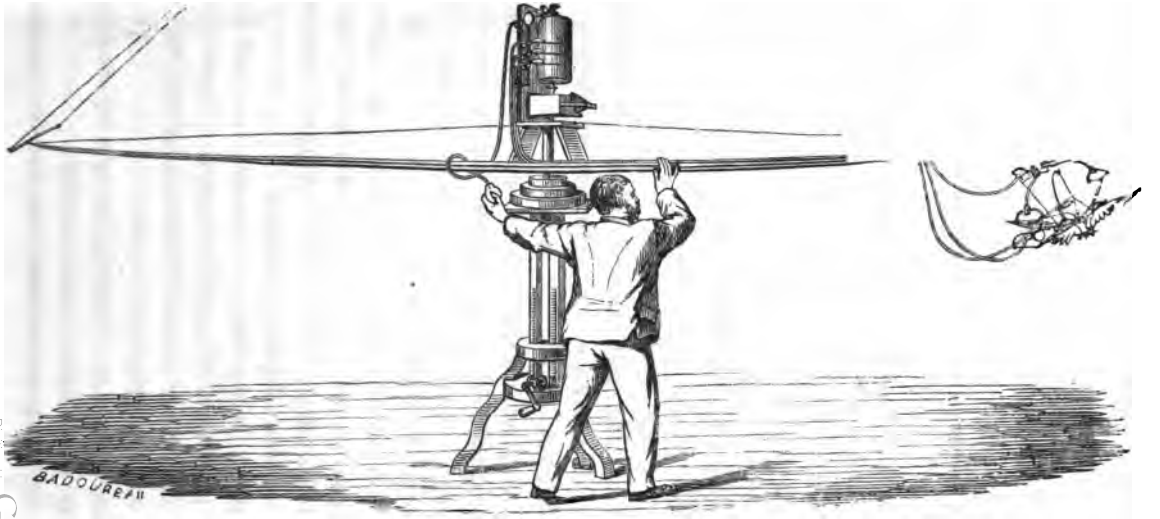
Самый приводъ представляетъ дугу, сдѣланную изъ слегка изогнутой тонкой сосновой доски. Тетива этого лука, состоящая изъ желѣзной проволоки, по серединѣ опирается на деревянный ящикъ, черезъ который проходитъ центральная ось. Необходимо уравновѣсить оба плеча прибора, т. е. прибавлять гири къ плечу, къ которому не прикрѣплена птица во время опыта. Безъ этой предосторожности вертящійся приборъ могъ бы сообщить боковыя движенія оси, на которой онъ покоится, и даже самой подставкѣ.

Для того, чтобы дать птицѣ твердую точку опоры, защищенную не только отъ отвѣсныхъ колебаній, но и отъ спиральныхъ движеній, мы на концѣ каждаго плеча привода прикрѣпили деревянную пластинку, отъ обоихъ концовъ которой идутъ къ потолку два снурка. Въ потолкѣ находится крючокъ, вертящійся свободно на оси вмѣстѣ съ приводомъ.

Привѣшивающій снарядъ. — Фиг. 104 показываетъ детали нашего привѣшивающаго снаряда, который прикрѣпляетъ птицу къ концу плеча привода, повозможности, мало стѣсняя свободу движеній.

Записывающій приборъ. — Сообщающія трубки, которыя расположены по длинѣ одного изъ плечъ привода, идутъ по всему его протяженію и кончаются у записывающаго снаряда; послѣдній состоитъ изъ трехъ барабановъ съ рычагами, пишущими на вертящемся цилиндрѣ. Приводъ при своемъ вращеніи обвилъ бы сообщающія трубки вокругъ своей оси, еслибы записываю-

Digitized by Google



Фиг. 103. — Общее расположеніе привода. Въ аппаратъ запряженъ голубь; три сигнала разомъ передаются * записывающему прибору, помѣщенному въ центрѣ. Наблюдатель собираетъ чертежи въ моментъ, когда полетъ имѣетъ правильный характеръ.

Digitized by Google

щій снарядъ, къ которому онѣ идутъ, не принималъ участія въ общемъ вращеніи.

На фиг. 103 видно расположеніе прибора. Цилиндръ стоитъ вертикально надъ осью привода; на немъ чертятъ всѣ три рычага. Приборъ во всемъ его составѣ помѣщается на подставкѣ, вертящейся вокругъ центральной оси.

Мы находимся, такимъ образомъ, въ хорошо извѣстныхъ условіяхъ, когда нѣсколько движеній разомъ записываются на одномъ цилиндрѣ. Излишне поэтому напоминать о предосторожностяхъ, необходимыхъ при установкѣ прибора, какъ напр. о томъ, что пишущія острія должны быть съ точностью расположены другъ надъ другомъ и т. д.

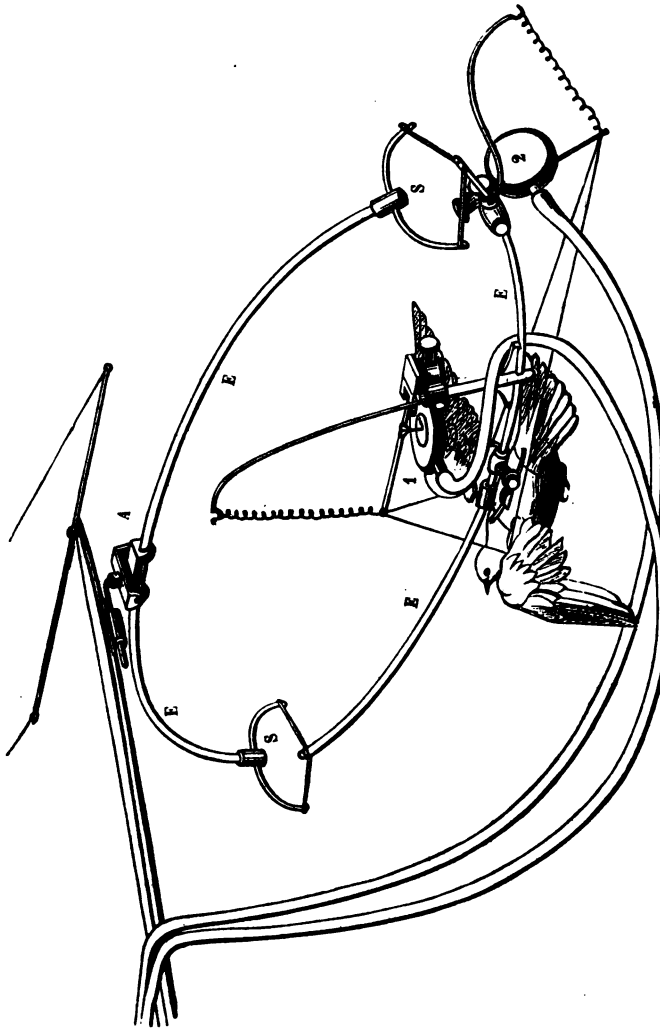
Движенія крыла крайне быстры; онѣ могутъ быть записаны только на цилиндрѣ, вертящемся съ большою скоростью; нашъ цилиндръ дѣлаетъ оборотъ въ $1^1/_2$ секунды. Краткость времени, даннаго для записыванія движеній птицы, заставляетъ насъ записывать ихъ лишь въ ту самую минуту, когда происходитъ явленіе, которое мы хотимъ наблюдать: или полный полетъ или замедленіе или усиленные взмахи отлета. Если бы оставить всѣ три рычага чертить постоянно на цилиндрѣ, то мы бы вскорѣ получили весьма сбивчивый чертежъ. Необходимо установить аппаратъ такимъ образомъ, чтобы острія рычаговъ касались цилиндра только въ ту самую минуту, когда производится движеніе, которое хотятъ записать, и затѣмъ прекращать соприкосновеніе, послѣ одного и никакъ не больше двухъ оборотовъ, цилиндра во избѣжаніе путаницы въ чертежѣ.

Мы обратились для этой цѣли къ приспособленію, уже извѣстному изъ опытовъ надъ ходьбой.

Фиг. 103 изображаетъ наблюдателя въ ту минуту,

Digitized by Google

когда онъ занятъ чертежомъ голубинаго полета. Наблю-



Фиг. 104.—Прикрѣпленіе птицы къ приводу.—EEEE металлическій элементъ, способный колебаться во всѣ стороны, благодаря двойному прикрѣпленію A.—SS каучуковый подвѣсъ, позволяющій нижней подовинѣ эллипса колебаться въ отвѣсномъ направленіи. —Снарядъ прикрѣпленъ къ спинѣ голубя.— Барабану съ рычагомъ № 1 сообщаются вертикальныя движенія крыла.—Барабану съ рычагомъ № 2—горизонтальныя движенія.

дая движенія птицы, онъ схватываетъ моментъ правиль-

Digitized by Google

наго полета и сжимаетъ каучуковый шаръ; въ то же мгновеніе рычаги соприкасаются съ цилиндромъ и даютъ чертежъ. Послѣ $1^1/_2$ секунды онъ разжимаетъ шаръ, пружина удаляетъ рычаги и чертежъ оконченъ. При небольшой снаровкѣ весьма легко опредѣлить продолжительность оборота цилиндра и ограничить этимъ временемъ длину чертежа.

Это длинное описаніе было необходимо, потому что мы хотѣли вполнѣ познакомить читателя съ этимъ аппаратомъ, самымъ важнымъ изъ всѣхъ, по его двойному дѣйствію. Мы будемъ пользоваться имъ не только для аналитической стороны нашихъ изслѣдованій, но и для синтетической, когда мы займемся воспроизведеніемъ движеній птичьяго полета.

Новый способъ опредѣленія пути птичьяго крыла.— Для этого опыта намъ служилъ голубь самецъ, изъ породы, такъ называемыхъ, римскихъ голубей, очень сильный и привыкшій летать [1]). Фиг. 104 показываетъ расположеніе приборовъ, съ помощью которыхъ мы изучали его движенія.

Мы выбираемъ прямо плечевую кость для опредѣленія движеній крыла въ пространствѣ. Для этой цѣли кость обвивается металлической проволокой, которая охватываетъ ее въ видѣ кольца и своими свободными концами даетъ на наружной поверхности крыла прочное прикрѣпленіе для новыхъ нитокъ, связанныхъ съ барабанами.

Такъ какъ движенія обоихъ крыльевъ совершенно симметричны при правильномъ полетѣ, то къ каждому

---

[1]) Пунктъ этотъ крайне важенъ, потому что большинство птицъ, содержимыхъ въ неволѣ, негодны для опыта по неумѣлости летать.

Digitized by Google

изъ барабановъ привязываютъ двѣ сходящіяся нити, идущія симметрично отъ обоихъ крыльевъ. Такимъ образомъ, барабанъ № 1, предназначенный для передачи подъемовъ и опусканій крыла, получаетъ двѣ нити, изъ коихъ каждая отходитъ отъ одного изъ плечъ голубя, на 3 сантиметра кнаружи отъ плечеваго сочлененія; нити эти поднимаются кверху, сходясь между собою и прикрѣпляются къ кончику рычага № 1; отъ этого же кончика отходитъ каучуковая нить [1]), служащая противодѣйствующей пружиной и идущая отвѣсно вверхъ къ крючку. Мы видѣли ранѣе (фиг. 102), какимъ образомъ рычагу изслѣдующаго барабана передаются при этихъ условіяхъ всѣ движенія подъема и опусканія, производимыя птичьимъ плечомъ.

Двѣ другія нити, идущія тоже каждая отъ одной изъ плечевыхъ костей голубя, притомъ отъ того самаго мѣста откуда идутъ нити барабана № 1, сходятся такимъ же образомъ и, направляясь кзади, прикрѣпляются къ рычагу барабана № 2. Послѣдній принимаетъ движенія, производимыя крыломъ въ направленіи спереди назадъ. Оба барабана передаютъ свои движенія, черезъ посредство воздушныхъ трубокъ, записывающему снаряду въ центрѣ привода.

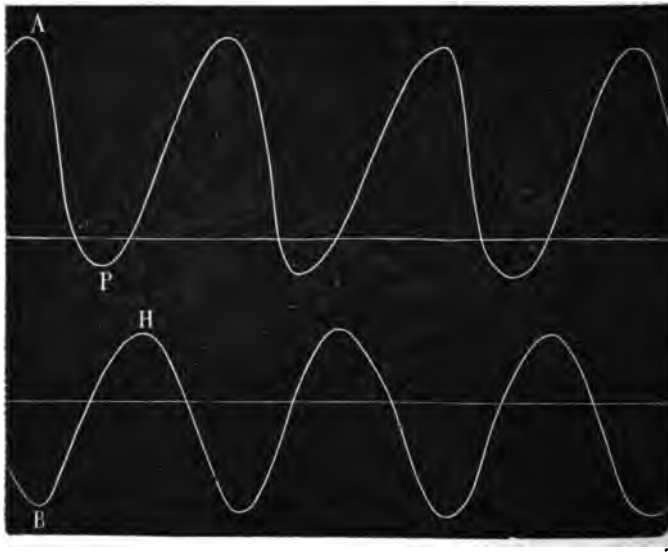
Опытъ. — Убѣдившись, что оба пишущіе рычага находятся на одной вертикальной линіи, выпускаютъ голубя. Птица производитъ летательныя движенія и быстро увлекаетъ за собой приводъ, въ который она запряжена. Наблюдателю, находящемуся въ центрѣ, приходится дѣлать лишь нѣсколько шаговъ для того, чтобы слѣдовать за вращеніемъ машины. При этомъ онъ держитъ въ ру-

---

[1]) Въ фиг. 104 каучуковая нить замѣнена проволочною пружиной.

Digitized by Google

кахъ каучуковый шаръ, который ему стоитъ только нажать для того, чтобы оба рычага приложили остріе къ закопченной бумагѣ и начали чертить. Лишь только устанавливается правильный полетъ, наблюдатель сжимаетъ шаръ и получаетъ чертежъ, изображенный на фиг. 105.



Фиг. 105.—Чертежъ движеній голубинаго крыла.—Верхняя линія AP изображаетъ движенія крыла спереди назадъ. Нижняя линія HB—движенія сверху внизъ.

Объясненіе чертежей. — Кривыя читаются слѣва направо какъ обыкновенно. Верхняя кривая соотвѣтствуетъ движеніямъ плеча сзади напередъ и спереди назадъ; направленіе этихъ движеній указано буквами A и P, которыя означаютъ, что всѣ верхушки кривыхъ, подобно верхушкѣ A, соотвѣтствуютъ мгновенію, когда крыло достигаетъ самой *передней* точки своего пути; нижнія

Digitized by Google

части этихъ кривыхъ, наоборотъ, соотвѣтствуютъ всѣ, подобно точкѣ Р, тому мгновенію, когда крыло достигаетъ самой *задней* части своего пути.

Горизонтальная линія, пересѣкающая эту кривую, начерчена при предварительномъ опытѣ остріемъ рычага въ ту минуту, когда крылья птицы, удерживаемыя помощникомъ въ неподвижномъ положеніи, могли считаться растянутыми горизонтально и притомъ безъ всякаго отклоненія впередъ или назадъ. Линія эта представляетъ по этому, такъ сказать, *нулевую точку* движеній крыла въ направленіи спереди назадъ. При взглядѣ на чертежъ мы видимъ кромѣ того, что голубиное крыло двигалось преимущественно въ направленіи верхушекъ, соотвѣтствующихъ А, другими словами, что движеніе впередъ преобладало надъ движеніемъ назадъ.

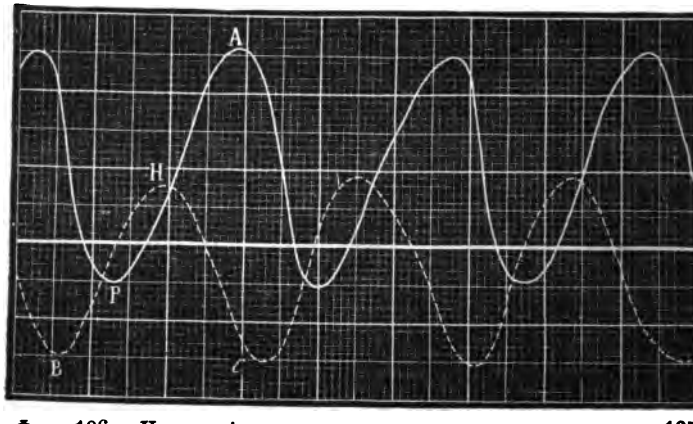
Тѣ же объясненія относятся и къ нижней кривой НВ, выражающей собой движенія крыла сверху внизъ.

Съ цѣлью узнать, сходенъ ли въ настоящемъ опытѣ путь голубинаго крыла съ путемъ крыла сарыча въ опытѣ, описанномъ въ предъидущей главѣ, мы взяли полную кривую одного оборота крыла, пользуясь для этого построенія двумя частными кривыми (фиг. 105). Вотъ какимъ образомъ слѣдуетъ поступать при такомъ построеніи.

Чтобы облегчить опредѣленіе различныхъ точекъ этихъ кривыхъ, ихъ переводятъ обѣ (фиг. 105) на бумагу, разграфленную на сантиметры и миллиметры. Одну изъ кривыхъ, именно кривую движеній спереди назадъ АР, проводятъ сплошной линіей, другую же, именно кривую высоты НВ—точками. Оба чертежа кладутъ другъ на друга такъ, чтобы нулевыя точки ихъ совпадали. Кромѣ того стараются, чтобы въ копіи обѣихъ кривыхъ, соотвѣтствующія точки каждой стояли отвѣсно одна

Digitized by Google

надъ другой; при этомъ условіи можно быть увѣреннымъ, что вездѣ, гдѣ вертикальная линія пересѣчетъ обѣ кривыя, мѣста пересѣченія будутъ соотвѣтствовать положенію, занимаемому въ данную минуту птичьимъ плечомъ относительно двухъ перпендикулярныхъ между собою плоскостей. Пересѣченіе съ точечной кривой обозначитъ, посредствомъ длины ординаты, проведенной изъ этой точки къ оси абсциссъ, положеніе, которое



Фиг. 106.— Наложеніе другъ надъ другомъ кривыхъ фиг. 105 на бумагѣ, раздѣленной на миллиметры. Для обѣихъ кривыхъ осью абсциссъ служитъ одна общая прямая.

занимаетъ крыло въ данную минуту по отношенію къ горизонтальной плоскости; пересѣченіе съ сплошной кривой будетъ выражать положеніе крыла относительно вертикальной плоскости.

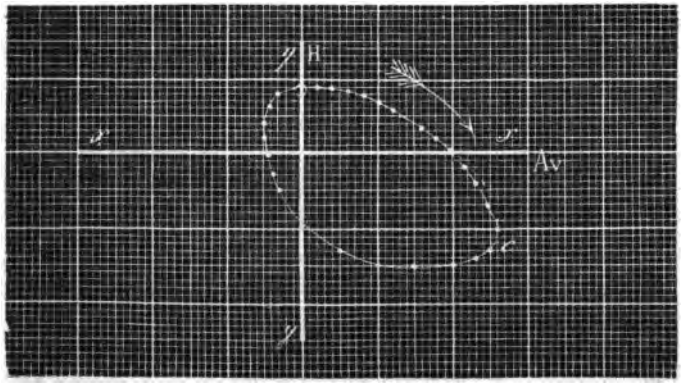
Намъ удалось получить (фиг. 107) траекторію крыла изъ отдѣльныхъ кривыхъ слѣдующимъ образомъ.

Возьмемъ двѣ линіи: *xx*, образующую ось абциссъ и *yy*, образующую ось ординатъ. Условимся, что все лежащее выше нулевой линіи въ сплошной кривой, т. е.

Digitized by Google

все, что соотвѣтствуетъ движенію *впередъ*, должно быть отмѣчено вправо отъ линіи *уу*; наоборотъ, все, что лежитъ ниже нулевой линіи въ сплошной кривой, должно быть отложено влѣво отъ оси *уу*. — Положеніе относительно этой оси будетъ опредѣляться параллельно къ ней съ помощью миллиметрическихъ дѣленій.

Съ другой стороны, различныя части, заимствованныя у точечной кривой (показывающей высоту), должны



Фиг. 107.—Построенная по предъидущимъ кривымъ.—Стрѣла указываетъ направленіе движенія.—Удаленіе точекъ выражаетъ собою быстроту движеній крыла въ различные моменты его пути.

быть отложены на соотвѣтствующей высотѣ, выше или ниже линіи *хх*, смотря потому, на сколько миллиметровъ эти точки въ кривой высотъ отклоняются книзу или кверху отъ нулевой линіи.

Возьмемъ за точку отправленія при построеніи новой кривой точку *с*, избранную (фиг. 107) на точечной кривой въ одно изъ мгновеній, когда крыло достигаетъ одной изъ переднихъ границъ. Точка эта, по миллиметриче-

Digitized by Google

скому дѣленію, показываетъ намъ, что крыло опустилось на 13 дѣленій ниже горизонтальной линіи. Прослѣдимъ теперь вертикальную линію, проходящую черезъ точку *c*, до встрѣчи съ кривой передне-задняго движенія; пересѣченіе этой линіи съ кривой указываетъ, что крыло подвинулось въ это мгновеніе впередъ на 26 дѣленій. Въ новой кривой точку *a* нужно слѣдовательно перевести въ опредѣленную точку *c*, которая находится въ мѣстѣ пересѣченія тринадцатаго дѣленія ниже оси *xx* съ двадцать шестымъ справа отъ оси *yy* (что по нашему условію соотвѣтствуетъ 26 дѣленіямъ по направленію кпереди).

Для опредѣленія второй точки нашей кривой начнемъ чтеніе чертежей на одно миллиметрическое дѣленіе дальше вправо; мы найдемъ вновь пересѣченіе вертикальной линіи этой точки съ двумя кривыми и получимъ въ новомъ построеніи вторую опредѣленную точку.

Рядъ послѣдовательныхъ точекъ, полученныхъ такимъ образомъ, составитъ кривую, изображающую путь крыла; стрѣлка указываетъ направленіе движенія.

Построивъ всю фигуру, мы увидимъ, что эта кривая, отклонившись сначала внизъ и впередъ, поднимается снова кверху, возвращаясь назадъ.

Сравнивая эту фигуру съ полученною нами ранѣе другимъ способомъ (фиг. 100) и на другой птицѣ, и изслѣдуя далѣе движеніе другой части крыла, мы находимъ между кривыми поразительное сходство, которое показываетъ, что движенія птицъ при полетѣ почти тожественны. Дѣйствительно, въ обоихъ случаяхъ кость крыла описываетъ родъ неправильнаго эллипса, у котораго большая ось наклонена внизъ и впередъ. Важность этого опредѣленія такъ велика, что ради ея намъ быть мо-

Digitized by Google

жетъ простятъ долгія и скучныя подробности опытовъ, приведшихъ къ нему.

Измѣненія плоскости крыла.

Въ главѣ I мы уже видѣли, что крыло насѣкомаго, подъ вліяніемъ воздушнаго сопротивленія, поворачивается вокругъ своей продольной оси, вслѣдствіе чего ежеминутно измѣняется наклоненіе его плоскости. Эти совершенно пассивныя движенія составляютъ сущность механизма полета у насѣкомаго; крыло, при каждомъ изъ своихъ попеременныхъ движеній, разлагаетъ сопротивленіе воздуха и заимствуетъ у него силу, которая дѣйствуетъ въ направленіи жилки, поддерживая и толкая впередъ животное. Строеніе птичьяго крыла не допускаетъ существованія подобнаго же механизма у птицъ. Во время подниманія крыло ихъ не представляетъ воздуху сопротивленія, такъ какъ маховыя перья расположены такимъ образомъ, что раздвигаясь могутъ дать ему свободный проходъ. Поэтому полету насѣкомаго соотвѣтствуетъ въ птичьемъ полетѣ одинъ только фазисъ опусканія. Далѣе, кривая, описанная верхушкою птичьяго крыла, отличается отъ описываемой крыломъ насѣкомаго настолько, что это обстоятельство явно указываетъ на различія механическихъ условій въ обоихъ случаяхъ.

Необходимо было опредѣлить путемъ опыта различныя наклоненія плоскости птичьяго крыла при каждомъ фазисѣ его оборотовъ. Въ самомъ дѣлѣ, желая опредѣлить величину сопротивленія, представляемаго воздухомъ въ различныя мгновенія полета, мы должны знать оба составные элемента этого сопротивленія: 1) уголъ, подъ которымъ плоскость крыла ударяетъ воздухъ и 2) ско-

Digitized by Google

рость, съ которой происходитъ опусканіе крыла. Нѣтъ ничего легче получить вторую часть нашей задачи; мы можемъ рѣшить ее, когда захочемъ, на основаніи кривой, изображающей положеніе крыла въ каждое данное мгновеніе; образчикъ такой кривой, полученной для голубя, представленъ на фиг. 108. Но гораздо труднѣе опредѣлить измѣненія плоскости крыла во время полета. Вотъ механизмъ, къ помощи котораго мы прибѣгли.

Мы уже видѣли, фиг. 99, что стержень, соединенный подвижно съ Кардановскимъ сочлененіемъ, центръ вращенія котораго находится вблизи лопаточно-плечеваго сочлененія, можетъ, при извѣстномъ приспособленіи, принимать участіе во вращательныхъ движеніяхъ крыла.

Фиг. 108. — Схематическое изображеніе изслѣдующаго прибора для спиральныхъ движеній крыла.

Но движеніе этого сочлененія, которое слѣдуетъ за всѣми изгибами, сообщаемыми стержню, не допускаетъ ни въ какомъ случаѣ крученія послѣдняго.

Фиг. 108 представляетъ приборъ этого рода; стержню *tt* можно сообщать всякаго рода движеніе въ вертикальномъ или горизонтальномъ направленіи; онъ повинуется всякому толчку. Но если, взявъ въ руки конецъ этого стержня на уровнѣ рычага *l*, перпендикулярнаго къ нему, захотѣть сообщить рычагу вращательное движеніе, какъ при поворотѣ винта, то Кардановское сочлененіе не допускаетъ этого, и стержень противится нашимъ усиліямъ. Предположимъ далѣе, что позади этого

Digitized by Google

сочлененія и на продолженіи стержня *tt* находится другой цилиндрическій стержень *p*, вертящійся въ трубкѣ; этотъ стержень будетъ вертѣться подъ вліяніемъ нашихъ усилій сообщить ломанному рычагу *l* спиральное движеніе; если же стержень *p* тоже снабженъ ломаннымъ рычагомъ *l'*, лежащимъ въ одной плоскости съ *l*, то мы увидимъ, что оба рычага солидарны между собою и что каждое измѣненіе плоскости въ одномъ передается другому.

Еслибы, при этихъ условіяхъ, намъ удалось сдѣлать рычагъ *l* солидарнымъ съ измѣненіями плоскости крыла въ различные фазисы его взмаха, то измѣненія эти сообщались бы рычагу *l'*, который въ свою очередь дѣйствовалъ бы на изслѣдующій приборъ, передавая результаты въ формѣ чертежа. Этотъ именно способъ и былъ избранъ нами для нашихъ опытовъ. Рычагъ *l* лежалъ на плоскости крыла, которое держали горизонтально; рычагъ *l'*, горизонтальный самъ по себѣ, былъ связанъ ниткой съ рычагомъ изслѣдующаго барабана, находящагося надъ нимъ и расположеннаго такимъ же образомъ, какъ и въ опытахъ предыдущей главы.

Когда мы повертывали крыло такъ, что верхняя поверхность его была направлена болѣе или менѣе кзади, то записываемая кривая опускалась, и наоборотъ она повышалась, когда верхняя поверхность крыла была обращена впередъ.

Намъ встрѣтилось еще одно затрудненіе. Не было возможности установить рычагъ *l* въ одной точкѣ стержня *tt* и вмѣстѣ съ тѣмъ укрѣпить его неподвижно въ какой либо точкѣ птичьяго крыла. Дѣйствительно, Кардановское сочлененіе не имѣетъ общаго центра вращенія съ плечевымъ сочлененіемъ и отсюда вытекаетъ, что при вертикальныхъ движеніяхъ крыло и стержень должны сколь-

Digitized by Google

зить другъ передъ другомъ. Необходимо слѣдовательно, чтобы рычагъ *l*, прикрѣпленный къ маховымъ перьямъ птицы, могъ свободно скользить по длинѣ стержня, и чтобы онъ въ тоже время могъ передавать ему, въ формѣ крученія, всѣ измѣненія плоскости, сообщаемыя ему перьями птицы. На фиг. 109 можно видѣть, какимъ образомъ былъ достигнутъ этотъ результатъ.

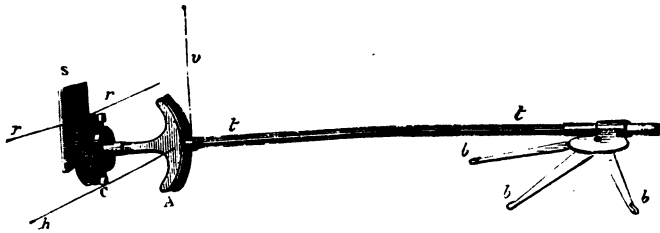
Пусть *tt* будетъ стержнемъ, который долженъ слѣдовать за вращательными движеніями крыла. Стержень этотъ имѣетъ по длинѣ своей глубокіе продольные желобки, придающіе ему въ поперечномъ разрѣзѣ звѣздчатый видъ, и помѣщается въ трубкѣ, въ которой свободно скользитъ. Но на одномъ изъ концовъ трубки находится металлическое дно съ звѣздчатымъ отверстіемъ, черезъ которое проходитъ стержень, причемъ каждый желобокъ попадаетъ въ одинъ изъ выступовъ звѣзды. Къ этой-то трубкѣ припаянъ рычагъ *l*; онъ, слѣдовательно можетъ вмѣстѣ съ нею переноситься въ разныя точки по длинѣ стержня, что, въ свою очередь, даетъ большую свободу летательнымъ движеніямъ; но перемѣнить плоскости рычагъ нѣ можетъ, не сообщивъ стержню крученія.

Послѣ нѣсколькихъ опытовъ мы убѣдились въ необходимости сдѣлать нѣкоторыя усовершенствованія въ нашемъ приборѣ. Такъ, рычагъ *l* имѣлъ наклонность къ крученію при перемѣщеніяхъ маховыхъ перьевъ въ разныя мгновенія полета; мы замѣнили его (фиг. 109) приборомъ съ тремя подвижными рычагами *bbb*, вертящимися въ одной плоскости, вокругъ общаго сочлененія, какъ пластинки вѣера. Каждая пластинка кончалась крючкомъ. Прикрѣпивъ выдвижную трубку къ крылу птицы, мы связали конецъ каждой изъ трехъ пластинокъ съ однимъ изъ длинныхъ маховыхъ перьевъ, для

Digitized by Google

связыванія намъ служила каучуковая нить. Это приспособленіе дало превосходные результаты.

Съ другой стороны рычагъ *l'* (фиг. 100) оказывался неудовлетворительнымъ по причинѣ неровности движеній. Мы замѣнили его небольшимъ блокомъ, помѣстивъ послѣдній на стержнѣ, идущемъ позади Кардановскаго сочлененія. Нить *rr*, которая должна передавать крученіе стержня, обвивается вокругъ шейки блока. Такимъ образомъ, вращеніе блока, зависящее отъ кручения стержня, передаетъ всегда съ точностью это послѣднее движеніе изслѣдующему рычагу.



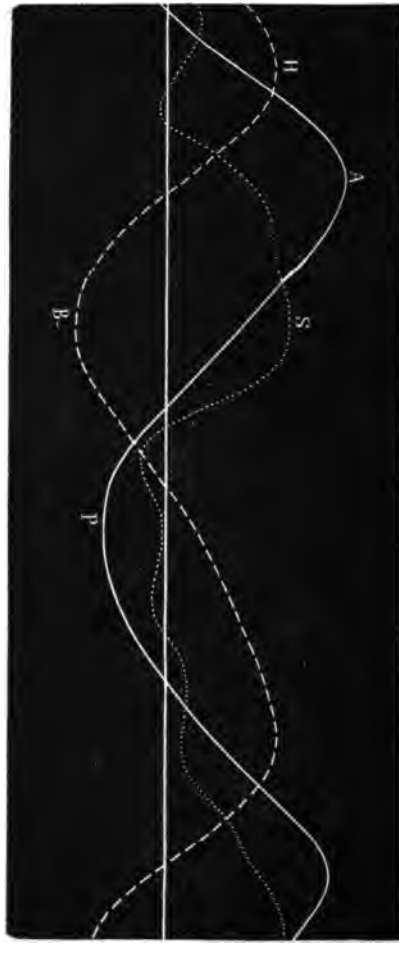
Фиг. 109.—Устройстов аппарата, изслѣдующаго движенія крыла и измѣненія его плоскости.

Въ заключеніе этого длиннаго описанія прибора, предназначеннаго для принятія сигналовъ подниманія и опусканія крыла, скажемъ еще, что приборъ, находящійс при основаніи рычага *tt* назначенъ для передачи вертикальныхъ и горизонтальныхъ движеній при помощи двухъ системъ нитей. Для вертикальныхъ движеній служитъ нить *v*, идущая къ изслѣдующему барабану. Нить *h* передаетъ другому аппарату движенія, имѣющія горизонтальное направленіе, т. е. идущія спереди назадъ.

Опытъ. Заставляютъ летать сарыча, запряженнаго въ приводъ и несущаго на себѣ описанный аппаратъ; одно-

Digitized by Google

временно получаются всѣ три кривыя, изображенныя на фиг. 110.



Фиг. 110.—Одновременный чертежъ различныхъ движеній крыла сарыча.— Кривая *AP* показываетъ движенія взадъ и впередъ. *HB*—движенія сверху внизъ.—Точечная линія показываетъ вращеніе крыла вокругъ лопаточно-плечеваго сочлененія; чѣмъ выше поднимается эта кривая надъ осью абсциссъ, тѣмъ выше поднимался и нижній край крыла.

При помощи этихъ тройныхъ данныхъ можно постро-

Digitized by Google

ить нетолько путь крыла, но и весь рядъ наклоненій его плоскости въ различныхъ точкахъ этого пути.

Кривая, проведенная сплошной линіей, соотвѣтствуетъ движеніямъ крыла спереди назадъ. Точка A и ея гомологи соотвѣтствуютъ крайнему переднему положенію его; точка P—крайнему заднему положенію.

Кривая, проведенная черточками, указываетъ высоты крыла въ пространствѣ; точка H соотвѣтствуетъ высшему подниманію крыла, точка B—крайнему опусканію.

Первыя двѣ кривыя позволяютъ уже построить изъ отдѣльныхъ точекъ замкнутую кривую (фиг. 111), изображающую путь крыла сарыча [1]).

На этой-то траекторіи мы будемъ опредѣлять наклоненіе плоскости крыла въ каждое мгновеніе его эллиптическаго пути.

Вернемся для этой цѣли къ точечной кривой S, показывающей вращенія крыла въ разныя мгновенія. Положительныя и отрицательныя ординаты этой кривой соотвѣтствуютъ тригонометрическимъ тангенсамъ угловъ [2]), образуемыхъ крыломъ съ осью тѣла [3]). Онѣ позволяютъ намъ, слѣдовательно, начертить на фиг. 111 рядъ линій, изъ коихъ каждая, своимъ наклоненіемъ къ горизонтальной оси, будетъ выражать наклоненіе плоскости крыла къ горизонту въ данное мгновеніе его пути.

---

[1]) Кривая эта не всегда замкнута; это бываетъ только при совершенно правильномъ полетѣ.

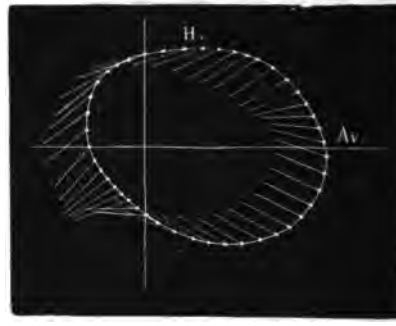
[2]) Изъ найденнаго угла нужно вычесть алгебраически постоянную величину: уголъ въ 30°, образуемый крыломъ съ горизонтомъ во время покоя.

[3]) Не беремся утверждать, что ось эта горизонтальна; напротивъ, она, повидимому, наклонена такъ, что клювъ птицы смотритъ нѣсколько кверху. Такое наклоненіе оси требуетъ поправки въ абсолютныхъ наклоненіяхъ крыла въ различныхъ точкахъ его пути.

Digitized by Google

Направленіе движенія крыла читается сверху впередъ, отъ *H* къ *Av*.

Фиг. 111 показываетъ, что крыло, при своемъ подниманіи, принимаетъ наклонное положеніе, позволяющее ему разрѣзывать воздухъ при наименьшемъ сопротивленіи; что далѣе при опусканіи, оно опрокидывается, причемъ нижняя поверхность обращена внизъ и немного назадъ. Отсюда слѣдуетъ, что въ моментъ опусканія крыло своимъ косвеннымъ положеніемъ разлагаетъ воздушное сопротивленіе и, приподнимая тѣло птицы, въ



Фиг. 111.—Наклоненіе плоскости крыла къ оси тѣла *Av*.

тоже время толкаетъ его впередъ. Можно видѣть, кромѣ того, что наклоненіе крыла измѣняется постепенно въ различные фазисы подниманія и опусканія. Въ этомъ послѣднемъ фазисѣ въ особенности замѣтно вліяніе сопротивленія воздуха на направленіе крыла; и дѣйствительно, нижній край крыла приподнимается всего сильнѣе въ тотъ именно моментъ, когда быстрота опусканія достигаетъ своего *maximum*.

Достигнувъ предѣловъ своего опусканія, крыло внезапно измѣняетъ наклоненіе плоскости. Причина этого

Digitized by Google

движенія совершенно естественна. Лишь только сопротивленіе воздуха перестаетъ поднимать перья, послѣднія, въ силу своей упругости, возвращаются къ обычному положенію, которое и сохраняютъ во все время подниманія.

Самый эллипсисъ, образующій траекторію крыла, объясняется сопротивленіемъ воздуха. Какъ для насѣкомаго такъ и для птицы нельзя объяснить формы пути крыла дѣятельностью одного мышечнаго аппарата; подниманіе и опусканіе—вотъ, приблизительно, все, что могутъ дать здѣсь мышцы. Но сопротивленіе воздуха, при фазисѣ опусканія, образуетъ, съ помощью извѣстнаго уже намъ механизма, переднюю выпуклость описаннаго эллипса. Задняя выпуклость, принадлежащая фазису подниманія, тоже объясняется воздушнымъ сопротивленіемъ нижней части поверхности крыла, сопротивленіемъ, которое относитъ крыло кзади въ то самое время, какъ поднимаетъ его. Доказательства этихъ теоретическихъ выводовъ мы будемъ искать въ искусственномъ воспроизведеніи различныхъ движеній крыла.

Digitized by Google

ГЛАВА VI.

Реакціи движеній крыла на тѣло птицы.

Реакціи движеній крыла.—Реакціи вертикальныя у различныхъ видовъ; реакціи горизонтальныя, или измѣненія быстроты полета; совмѣстное изученіе обоего рода реакцій.—Теорія птичьяго полета.—Пассивная и активная части крыла.—Воспроизведеніе механизма птичьяго полета.

Такъ какъ мы, при изученіи птичьяго полета, намѣрены слѣдовать тому же плану, которымъ руководились при изслѣдованіи прочихъ родовъ передвиженія, то намъ необходимо опредѣлить, какое именно дѣйствіе, съ точки зрѣнія *реакцій* на тѣло животнаго, происходитъ при каждомъ взмахѣ крыла.

Мы видимъ при полетѣ два различныхъ эффекта: съ одной стороны птица поддерживается въ воздухѣ, противъ тяжести; съ другой — она подчиняется толкающей силѣ, переносящей ее съ одного мѣста на другое. Но, спрашивается, сохраняетъ ли птица, поддерживаемая на воздухѣ, приблизительно постоянный уровень, или же претерпѣваетъ колебанія въ вертикальной плоскости? Не дѣлаетъ ли она, вслѣдствіе перемежающихся

Digitized by Google

толчковъ при взмахахъ крыльевъ, ряда подниманій и опусканій, частоту и величину которыхъ глазъ не въ состояніи опредѣлить? Съ другой стороны, что касается движенія въ горизонтальномъ направленіи, то не летитъ ли птица съ измѣнчивою быстротою? Не находитъ ли она во взмахахъ крыльевъ ряда толчковъ, сообщая полету порывистый характеръ?

Вопросы эти могутъ быть рѣшены опытнымъ путемъ, по слѣдующему способу.

Такъ какъ у насъ въ рукахъ средство, позволяющее передавать на разстояніе и записывать движенія, когда послѣднія производятъ давленіе на перепонку наполненнаго воздухомъ барабана, то намъ слѣдуетъ свести движенія, которыя мы хотимъ изучить, на давленіе такого рода.

Нужно, чтобы колебанія, дѣлаемыя птицей въ вертикальномъ направленіи, производили на перепонку барабана извѣстное давленіе, сильное или слабое, смотря по тому, поднимается или опускается птица. Того же способа слѣдуетъ придерживаться и для изслѣдованія горизонтальной скорости.

Для *вертикальныхъ реакцій* вопросъ уже былъ рѣшенъ, при анализѣ передвиженія по землѣ, съ помощью прибора, представленнаго на фиг. 28. Легкое видоизмѣненіе позволитъ примѣнить тотъ же методъ къ рѣшенію вопроса, происходятъ ли во время полета вертикальныя колебанія.

Фиг. 112 показываетъ расположеніе нашего прибора. Свинцовая масса лежитъ прямо на перепонкѣ; рѣшетка защищаетъ верхнюю поверхность прибора отъ тренія перьевъ, которое безъ этой предосторожности нарушаетъ иногда правильность чертежа.

Убѣдившись, что аппаратъ передаетъ совершенно вѣрно,

Digitized by Google

сообщенныя ему движенія, его соединяютъ, посредствомъ длинной трубки, съ записывающимъ приборомъ и прикрѣпляютъ къ спинѣ птицы, назначенной для опыта.

Опыты, произведенные на различныхъ видахъ птицъ: голубѣ, сарычѣ, дикой уткѣ, лунѣ, совѣ, показали, что существуютъ весьма различные типы полета съ точки зрѣнія величины колебаній въ вертикальномъ направленіи.

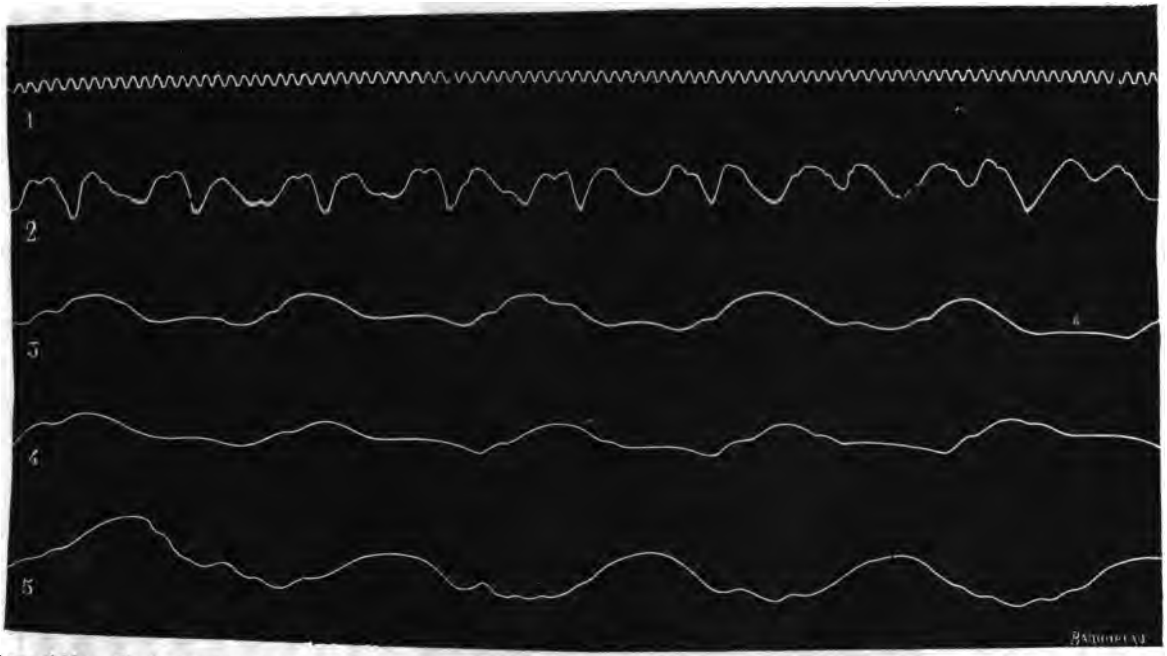
Фиг. 113 показываетъ чертежи различныхъ видовъ птицъ. Всѣ эти чертежи собраны на цилиндрѣ, вертящемся съ постоянной скоростью, и отнесены къ камер-

Фиг. 112.—Приборъ, назначенный для передачи записывающему аппарату вертикальныхъ колебаній птицы.

тону-хронографу съ 60 колебаніями въ секунду; они даютъ возможность опредѣлить абсолютную и относительную продолжительность колебаній полета у разныхъ птицъ.

Изъ этой фигуры слѣдуетъ, что частота и размахъ вертикальныхъ колебаній значительно видоизмѣняются смотря по виду птицы. Для лучшаго пониманія причины такого различія въ движеніяхъ запишемъ одновременно вертикальныя колебанія птицы и дѣйствіе мышцъ крыла Если опытъ этотъ произвести надъ двумя птицами, отличающимися значительно другъ отъ друга по роду но-

Digitized by Google

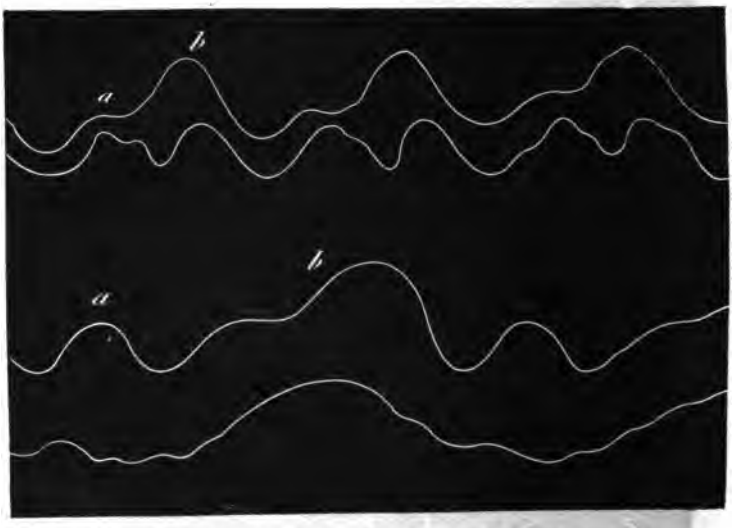


Фиг. 113.—Линія 1—чертежъ камертона—хронографа съ 60 колебан. въ секунду. — Линія 2—вертикальныя колебанія дикой утки во время полета. — Линія 3—колебанія луня. —Линія 4—пугача.—Линія 5—сарыча.

Digitized by Google

лета, какъ напр. дикая утка и сарычъ, то получатся чертежи, изображенные на фиг. 114.

Дикая утка (верхняя линія) дѣлаетъ при каждомъ оборотѣ крыла два энергическихъ колебанія: одно въ *b*, въ то мгновеніе, когда крыло опускается,—его легко объя-



Фиг. 114.—Въ верхней половинѣ мы видимъ другъ надъ другомъ: мышечный чертежъ (см. стр. 212) и чертежъ *вертикальныхъ колебаній* у дикой утки. Надъ волною *a*, обозначающей подниманіе крыла, видно вертикальное колебаніе; другое такое же колебаніе находится въ *b*,—чертежѣ мышцы, опускающей крыло. — Въ нижней части фигуры находятся чертежи сарыча: колебаніе въ *a*, соотвѣтствующее подниманію крыла, не столь рѣзко какъ у дикой утки.

снить себѣ; другое въ *a*, въ моментъ подниманія. Чтобы понять восхожденіе птицы въ этотъ періодъ подъема крыла, намъ кажется необходимымъ сослаться снова на *бумажнаго змѣя*, о которомъ уже приходилось говорить.

Digitized by Google

Птица, которой сообщена извѣстная скорость, держитъ крылья на встрѣчу воздуху въ видѣ наклонныхъ плоскостей; при этомъ происходитъ эффектъ, аналогичный восхожденію летающихъ снарядовъ, которые превращаютъ пріобрѣтенную ими скорость въ подниманіе. Въ полетѣ сарыча замѣтно также, хотя и въ меньшей степени, восхожденіе, сопровождающее движеніе крыла кверху.

Опредѣленіе измѣненій въ скорости полета. Второй вопросъ, который мы должны рѣшить, относится къ опредѣленію разнообразныхъ фазисовъ скорости полета. И на него мы найдемъ отвѣтъ при помощи того же метода.

Если барабанъ съ свинцовой массой укрѣпить на спинѣ птицы такимъ образомъ, чтобы перепонка его стояла отвѣсно, т. е. перпендикулярно къ направленію полета, то снарядъ нашъ сдѣлается нечувствительнымъ къ отвѣснымъ колебаніямъ и будетъ отмѣчать только колебанія, направленныя спереди назадъ и обратно. Предположимъ, что перепонка барабана обращена впередъ; ясно, что если птица ускоритъ полетъ, то опаздываніе массы противъ перемѣщенія аппарата должно вытѣснить воздухъ изъ барабана и приподнять записывающій рычагъ, тогда какъ замедленіе полета должно, наоборотъ, сопровождаться опусканіемъ рычага, вслѣдствіе противоположнаго дѣйствія.

Опытъ, произведенный на перечисленныхъ выше видахъ птицъ, далъ намъ чертежи аналогичные съ чертежами вертикальныхъ колебаній.

Если справедливо наше предположеніе, что вертикальное колебаніе птицы, въ моментъ подниманія крыла, происходитъ отъ превращенія скорости въ высоту, то, чертя одновременно кривую вертикальныхъ колебаній и кривую измѣненій скорости, мы получимъ возможность провѣрить это предположеніе.

Digitized by Google

Дѣйствительно, записывая одновременно оба рода колебаній въ полетѣ сарыча, мы находимъ, что фазисъ опусканія крыла производитъ въ одно и тоже время: подниманіе птицы и ускореніе ея горизонтальнаго движенія. Эффектъ этотъ—необходимое слѣдствіе наклоненія плоскости крыла въ моментъ опусканія; мы уже знакомы съ нимъ изъ нашего изслѣдованія полета насѣкомыхъ. Что касается фазиса опусканія крыла, то можно замѣтить, что при сопровождающемъ его легкомъ восхожденіи скорость уменьшается. Дѣйствительно, кривая измѣненій скорости падаетъ въ то мгновеніе, когда птица поднимается кверху. Мы находимъ здѣсь слѣдовательно подтвержденіе высказанной ранѣе теоріи относительно превращенія горизонтальной скорости птицы въ подниманіе.

Итакъ, благодаря этому механизму, ударъ опускающагося крыла порождаетъ силу, производящую у птицы оба рода колебаній въ вертикальной плоскости. Этотъ ударъ крыла обусловливаетъ непосредственно восхожденіе, синхроническое съ нимъ, и косвенно, порождая скорость, подготовляетъ второе вертикальное колебаніе птицы.

Совмѣстная кривая обоихъ родовъ колебаній у птицы. Вмѣсто того, чтобы изображать порознь оба рода колебаній, производимыхъ птицей при полетѣ, полезнѣе будетъ постараться получить одну общую кривую, изображающую цѣльную картину движеній, производимыхъ птицей при ея перемѣщеніи въ пространствѣ.

Методъ, при помощи котораго мы опредѣляли движенія верхушки крыла, можетъ, при нѣкоторомъ видоизмѣненіи, давать одну общую кривую для двухъ родовъ изслѣдуемыхъ нами движеній. Для этой цѣли нужно, чтобы оба барабана, соединенные подъ прямымъ угломъ, были связаны съ одной и той же инертной массой.

Digitized by Google

Перенесемся къ фиг. 97 (стр. 310), гдѣ изображены оба сопряженные рычага, сообщающіеся между собою трубками, которыя передаютъ одному движенія другаго. Когда первому рычагу сообщаютъ какое либо движеніе, второй рычагъ повторяетъ это движеніе, притомъ въ томъ же самомъ направленіи.

Прикрѣпимъ теперь къ одному изъ рычаговъ свинцовую массу и, взявъ въ руки подставку нашего прибора, заставимъ его описать какое либо движеніе въ плоскости перпендикулярной къ направленію рычага. Мы увидимъ, что рычагъ № 2 произведетъ совершенно обратныя движенія. Въ самомъ дѣлѣ, такъ какъ двигательная сила, дѣйствующая на перепонки барабановъ, есть ничто иное какъ инерція свинцовой массы и такъ какъ, далѣе, эта масса постоянно отстаетъ отъ движеній, сообщаемыхъ прибору, то ясно, что если приподнять всю систему, то свинцовая масса будетъ удерживать рычагъ внизу; если же опустить систему, то масса будетъ удерживать рычагъ вверху; наконецъ, если двигать его впередъ, то масса будетъ удерживать его назади и т. д. Такимъ образомъ рычагъ № 2, повторяющій всѣ движенія № 1, дастъ кривыя, которыя будутъ имѣть направленіе прямо противоположное сообщенному подставкѣ аппарата.

Послѣ этой оговорки перейдемъ къ опыту. Съ этой цѣлью возьмемъ приборъ, изображенный на фиг. 99 на спинѣ летающаго сарыча; сократимъ стальную проволоку, которой сообщались движенія крыла, и параллелограмъ, передававшій ихъ рычагу; оставимъ только рычагъ, соединенный съ обоими барабанами, и оправу, укрѣпляющую всю систему на спинѣ птицы; прикрѣпимъ наконецъ къ этому рычагу свинцовую массу и пустимъ птицу летать.

Digitized by Google

Фиг. 115.—Общій чертежъ двухъ родовъ колебаній, производимыхъ сарычемъ при полетѣ.

Полученная кривая изображена на фиг. 115. Анализъ ея кажется на первый взглядъ весьма труднымъ; мы надѣемся однако, что онъ намъ удастся.

Анализъ кривой колебаній птицы. Кривая эта получена на цилиндрѣ при тѣхъ же условіяхъ, какъ и фиг. 100, показывающая различныя движенія верхушки крыла. Пластинка двигается справа налѣво, слѣд. читать кривую нужно слѣва направо. Голова птицы обращена влѣво; полетъ слѣдуетъ направленію стрѣлы.

Мы можемъ раздѣлить эту фигуру на рядъ полосъ, посредствомъ вертикальныхъ линій, проведенныхъ черезъ гомологичныя точки, притомъ все равно, черезъ верхушки ли петель или черезъ верхушки простыхъ кривыхъ, какъ это мы видимъ для точекъ *a* и *e*. Каждый изъ такихъ отдѣловъ будетъ заключать въ себѣ приблизительно тѣ же элементы, но только неодинаковой величины на различныхъ точкахъ фигуры; оставимъ пока это обстоятельство безъ вниманія.

Digitized by Google

Очевидно, что періодическое повтореніе сходныхъ формъ соотвѣтствуетъ возвращенію одинаковыхъ фазисовъ оборота птичьяго крыла. Полоса *ae* будетъ, слѣдовательно, соотвѣтствовать различнымъ движеніямъ птицы впродолженіе одного и того же оборота.

Не будемъ забывать, что въ разсматриваемой нами кривой всѣ движенія имѣютъ направленіе противоположное дѣйствительнымъ движеніямъ птицы. Оба вертикальныя колебанія птицы, большое и малое, будутъ слѣдовательно выражены двумя кривыми съ верхушками, обращенными внизъ. Легко открыть ихъ существованіе въ большой кривой *abc* и маленькой *cde*. Птица, слѣдовательно, поднималась отъ *a* къ *b*, опускалась отъ *b* къ *c*, вновь поднималась отъ *c* къ *d* и снова опускалась отъ *d* къ *e*.

Но эти два колебанія, покрываютъ одно другое, что образуетъ петлю *cd*; колебаніе *cde* покрываетъ отчасти первое, направляясь къ сторонѣ головы птицы. Это доказываетъ (такъ какъ форма кривой противоположна формѣ дѣйствительнаго движенія), что птица въ это мгновеніе направлялась назадъ, или по крайней мѣрѣ замедляла свой полетъ.

Фигура эта соединяетъ слѣдовательно въ себѣ все, что дали намъ предъидущіе опыты относительно движенія птицы въ пространствѣ. Мы видимъ изъ нея, что животное при каждомъ оборотѣ крыла дѣлаетъ два восхожденія, за коими слѣдуютъ два опусканія; что колебанія эти неравны: большое, какъ извѣстно, соотвѣтствуетъ опусканію крыла. малое его подниманію. Наконецъ, мы видимъ, что движеніе птицы кверху при подниманіи крыла соединено съ потерею скорости; а это въ свою очередь служитъ подтвержденіемъ нашей теоріи, что восхожденіе это совершается насчетъ скорости, пріобрѣтенной птицею.

Digitized by Google

Но это еще не все. Фиг. 115 показываетъ намъ кромѣ того, что движенія птицы не одинаковы въ началѣ и въ концѣ полета. Мы уже знаемъ (фиг. 95 и 100), что взмахи крыла сильнѣе при отлетѣ; и здѣсь видимъ, что при отлетѣ (т. е. съ лѣвой стороны фигуры) колебанія, произведенныя опусканіемъ крыла, тоже больше. Кромѣ того теорія заставляетъ предполагать, что колебаніе восхожденія крыла, происшедшее насчетъ скорости птицы, должно быть очень незначительно въ началѣ полета, когда птица не пріобрѣла еще большой скорости. Фигура дѣйствительно показываетъ намъ, что это бываетъ именно такъ, и что при началѣ полета второе колебаніе крыла (то, которое образуетъ петлю), весьма слабо.

И такъ, мы имѣемъ теперь въ своихъ рукахъ всѣ главныя данныя, на коихъ можно основать механическую теорію полета. Всѣ опыты единогласно свидѣтельствуютъ, что вся двигательная сила, поддерживающая и направляющая птицу въ пространствѣ, развивается при опусканіи крыла.

Теорія птичьяго полета.—Относительно этого предмета, какъ и относительно другихъ, дававшихъ много поводовъ къ спорамъ, сказано повидимому уже все, что можно было сказать. Не слѣдуетъ по этому ожидать, что описанные нами опыты приведутъ къ совершенно новой теоріи. Первая важная мысль о механизмѣ птичьяго полета встрѣчается уже у Борелли. Крыло, говоритъ этотъ авторъ, дѣйствуетъ на воздухъ *какъ клинъ*. Развивая эту мысль извѣстнаго неаполитанскаго физіолога, мы можемъ сказать теперь, что крыло птицы дѣйствуетъ на воздухъ какъ наклонная плоскость, и своей реакціей на это сопротивленіе двигаетъ тѣло животнаго вверхъ и впередъ. Теорія эта была подтверждена Штраусъ-Дуркгеймомъ и дополнена Ліэ, обратив-

Digitized by Google

шимъ вниманіе на двойное дѣйствіе крыла: на то, которое въ фазисѣ его опусканія толкаетъ птицу вверхъ и впередъ, и на дѣйствіе поднимающагося крыла, которое движется на подобіе бумажнаго змѣя и поддерживаетъ тѣло птицы въ воздухѣ, въ ожиданіи слѣдующаго взмаха.

Намъ ставили въ упрекъ, что мы примкнули къ теоріи, высказанной два вѣка тому назадъ; но мы предпочитаемъ старую истину новѣйшему изъ заблужденій. Поэтому пусть намъ позволятъ отдать таланту Борелли должную справедливость, и оставятъ за нами лишь ту заслугу, что мы путемъ опыта доказали истину, которую другіе угадали раньше нашего.

Но общія теоріи, высказанныя до сихъ поръ, упускали изъ виду много важныхъ сторонъ, открываемыхъ опытомъ и которыя мы постараемся выяснить.

Такъ, намъ необходимо было знать направленіе плоскости крыла въ каждый моментъ полета, для того чтобы понять реакціи, стремящіяся постоянно къ подниманію тѣла птицы, то при ускореніи полета, то при замедленіи его [1]). Фиг. 111 показываетъ эти измѣненія плоскости.

---

[1]) Необходимо обратить вниманіе читателя на то обстоятельство, что наклоненіе, изображенное на фиг. 111, относится къ линіи, которая, по всей вѣроятности не горизонтальна во время полета. Въ самомъ дѣлѣ, эта линія не соотвѣтствуетъ оси тѣла животнаго, потому что птица прикрѣпленная къ приводу посредствомъ шнурка, находящагося позади ея крыльевъ, имѣетъ центръ тяжести нѣсколько впереди точки привѣса, вслѣдствіе чего голова ея нѣсколько наклонена книзу. При свободномъ же полетѣ ось тѣла птицы горизонтальна или даже приподнята нѣсколько въ верхней своей части. Если возстановить это естественное положеніе, то фиг. 111 дастъ новое направленіе для каждаго изъ положеній крыла, которыя всѣ измѣнятся на одно и тоже число градусовъ. При этомъ условіи мы бы, вѣроятно, увидали, что крыло всегда представляетъ

Digitized by Google

Что касается реакцій, претерпѣваемыхъ тѣломъ птицы, то онѣ ясны изъ нашихъ опытовъ; мы даже получимъ возможность опредѣлить ихъ абсолютную величину. Далѣе, мы знаемъ, что реакціи эти различны, смотря по виду птицы. У птицъ съ незначительною поверхностью крыльевъ реакціи сильны и отрывисты; у птицъ же, приспособленныхъ къ паренію, онѣ продолжительнѣе и мягче; у послѣднихъ реакція вторичнаго восхожденія крыла почти совсѣмъ исчезаетъ.

Если бы можно было сравнить передвиженіе по землѣ съ полетомъ птицъ и уподобить эффекты попеременныхъ движеній эффектамъ движеній совмѣстныхъ, то для насъ открылась бы нѣкоторая аномалія между ходьбой человѣка и полетомъ птицы. Тамъ и здѣсь тѣло подвигается рядомъ толчковъ, человѣкъ какъ и птица приподнимается надъ землею, заимствуя необходимую для этого работу у *живой силы*, порожденной его мышечной силою.

Что же касается опредѣленія работы, которая тратится при полетѣ, то прежде чѣмъ заняться ею, необходимо знать въ точности, какое именно сопротивленіе представляетъ воздухъ поверхностямъ различныхъ формъ, наклоненныхъ подъ разными углами и имѣющихъ различную скорость. Пока намъ извѣстны только движенія крыла; остается опредѣлить сопротивленіе, которое онѣ встрѣчаютъ въ воздухѣ. Въ настоящую минуту время наше посвящено опытамъ для рѣшенія этихъ вопросовъ. Когда въ нашихъ рукахъ будутъ находиться оба эле-

---

свою нижнюю поверхность на встрѣчу воздуху, потому что только эта поверхность можетъ найти здѣсь точку опоры. Для провѣрки этого предположенія необходимы новые опыты, которыми мы намѣрены вскорѣ заняться.

Digitized by Google

мента явленія, то мы получимъ мѣру работы, помножая воздушное сопротивленіе, встрѣчаемое крыломъ въ каждое данное мгновеніе, на пройденный путь. Это и будетъ мѣрой работы, производимой птицею въ воздухѣ.

И такъ, для горизонтальнаго перемѣщенія птицѣ необходимо количество работы, соотвѣтствующее воздушному сопротивленію, помноженному на пройденный путь. Часть этого сопротивленія, та, которую встрѣчаетъ нижняя поверхность крыла, служитъ для поддержки птицы въ воздухѣ; дѣйствіе это мы уже сравнили съ тѣмъ, которое наблюдается на бумажномъ змѣѣ.

Послѣднее дѣйствіе должно играть очень важную роль при полетѣ птицы. Въ самомъ дѣлѣ въ числѣ работъ, произведенныхъ надъ воздушымъ сопротивленіемъ, есть одна, г. Луврія, которая доказываетъ, повидимому, что если крыло образуетъ съ горизонтомъ небольшой уголъ, то почти вся работа, заимствованная у *живой силы* птицы, тратится на ея поддержку въ воздухѣ; по мнѣнію этого наблюдателя уголъ въ $6^{0}30'$, всего благопріятнѣе для этого полнаго утилизированія живой силы.

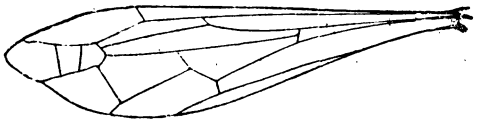
Впрочемъ, самое устройство крыла показываетъ, что оно предназначено для столь важной роли скольженія по воздуху. Крыло, представляющее поперемѣнно то активный органъ, ударяющій по воздуху, то пассивный, скользящій по этой жидкости, не во всѣхъ своихъ частяхъ одинаково приспособлено къ своей двоякой функціи.

Когда какая либо поверхность ударяетъ по воздуху, то она встрѣчаетъ въ немъ сопротивленіе лишь въ томъ случаѣ, если движется съ извѣстной быстротой. Между тѣмъ крыло, поворачиваясь вокругъ своей точки прикрѣпленія къ тѣлу птицы, представляетъ не равныя и постоянно нарастающія скорости для точекъ болѣе и

Digitized by Google

болѣе удаленныхъ отъ тѣла; отсюда скорость, почти нулевая на уровнѣ прикрѣпленія крыла, будетъ весьма значительна на свободномъ концѣ его.

Представимъ себѣ крыло насѣкомаго одинаковой ширины у основанія и верхушки; ширина эта будетъ совершенно безполезна въ части, ближайшей къ тѣлу, потому что крыло имѣетъ въ этой точкѣ слишкомъ малую скорость, чтобы ударять по воздуху съ пользою. На этомъ основаніи мы у большинства насѣкомыхъ находимъ крылья съуженныя при основаніи до размѣровъ простаго и крѣпкаго стержня. Перепончатая часть крыла начинается лишь съ тѣхъ точекъ, гдѣ быстрота движенія получаетъ нѣкоторое значеніе, и крыло расширяется постепенно почти до самой верхушки. Таковъ (ф. 116)



Фиг. 116.—Крыло насѣкомаго.

типъ крыла дѣятельнаго по преимуществу, т. е. назначеннаго исключительно для ударовъ по воздуху.

У птицъ, напротивъ, одинъ изъ фазизовъ движеній крыла до нѣкоторой степени пассивенъ; крыло претерпѣваетъ давленіе воздуха на своей нижней поверхности, когда птица несется быстро впередъ подъ вліяніемъ пріобрѣтенной ею скорости. При такихъ условіяхъ, т. е. когда жвотное несется въ пространствѣ, всѣ точки его крыла имѣютъ одинаковую скорость; части, сосѣднія къ тѣлу, столь же дѣйствительны, какъ и прочія, для того, чтобы встрѣтить напоръ воздуха, дѣйствующаго на нихъ, какъ на *бумажнаго змѣя*.

Digitized by Google

Вотъ почему крыло у птицы не только не съуживается до степени простаго стержня вблизи тѣла, но напротивъ того имѣетъ широкое основаніе и покрыто маховыми и кроющими перьями, образующими широкую поверхность, на которую воздухъ можетъ давить сильно и весьма дѣйствительно для поддержки птицы въ воздухѣ. Фиг. 117 даетъ понятіе объ этомъ устройствѣ крыла активномъ и пассивномъ въ одно и тоже время.

Внутренняя половина, не имѣющая достаточной скорости при своемъ опусканіи, должна считаться пассивною частью органа; активною нужно признать наружную половину, которая ударяетъ по воздуху.

Вслѣдствіе своей большой скорости, верхушка крыла должна встрѣчать въ воздухѣ бо́льшее сопротивленіе,

Фиг. 117.— Пассивная и активная части птичьяго крыла.

чѣмъ всѣ остальныя части: отсюда твердость маховыхъ перьевъ, составляющихъ ее. Постепеннымъ уменьшеніемъ скорости объясняется большая и большая гибкость этихъ перьевъ въ частяхъ сосѣднихъ съ тѣломъ и, наконецъ, чрезвычайная нѣжность ихъ у основанія, или въ пассивной части крыла.

Прибавимъ еще, что дѣйствіе *бумажнаго змѣя* должно имѣть мѣсто у основанія крыла даже въ то время, когда кончикъ послѣдняго ударяетъ по воздуху. Благодаря этой наклонной плоскости, для птицы, которая разъ пріобрѣла надлежащую скорость, часть вѣса постоянно облегчается.

Digitized by Google

Воспроизведеніе механизма полета занимаетъ въ настоящее время многихъ изслѣдователей. Мы не боимся признаться, что при этомъ трудномъ анализѣ различныхъ актовъ птичьяго полета насъ поддерживала твердая надежда добиться все менѣе и менѣе несовершеннаго подражанія этому удивительному типу передвиженія по воздуху. При нашихъ опытахъ, прерванныхъ за эти два года, мы уже получили довольно удовлетворительные результаты.

Въ нашей лабораторіи можно было видѣть крылатые приборы, которые, будучи прикрѣплены къ приводу сообщали ему довольно быстрое вращательное движеніе. Но это были лишь весьма несовершенныя подражанія, которыя мы вскорѣ надѣемся улучшить. Молодой и талантливый экспериментаторъ, Альфонсъ Пено, получилъ въ этомъ направленіи гораздо болѣе удовлетворительные результаты. Къ рѣшенію вопроса о передвиженіи въ воздухѣ, считавшемся нѣкогда утопіей, приступаютъ теперь дѣйствительно научнымъ образомъ.

Планъ опытовъ совершенно ясенъ: нужно постоянно сравнивать искусственные летательные аппараты съ живой птицей подвергая ихъ тому роду анализа, который мы такъ подробно описали; затѣмъ нужно видоизмѣнять аппараты до тѣхъ поръ, пока они не будутъ въ точности воспроизводить движенія птицы. Съ этою цѣлью мы предприняли новый рядъ опытовъ, заказавъ новые аппараты, которые вскорѣ начнутъ свое дѣйствіе.

Читатель, мы надѣемся, убѣдился, что нѣтъ ничего невозможнаго въ анализѣ движеній полета; онъ, безъ всякаго сомнѣнія, согласится съ нами, что для механики всегда возможно воспроизведеніе движенія, свойства котораго вполнѣ опредѣлены.

Конецъ.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google